



全书授课内容

- **第一章** 导论
- **第三章** 基本图形的扫描转换 (**重点**)
- **第四章** 多边形填充 (**重点**)
- **第五章** 二维变换和裁剪 (**重点**)
- **第六章** 三维变换和投影 (**难点**)
- **第七章** 自由曲线和曲面 (**难点**)
- **第九章** 动态消隐 (**难点**)
- **第十章** 真实感图形 (**难点**)



研究内容

1.如何在二维屏幕上显示真实场景中的三维物体?

- --三维物体的表示—空间直线段、曲线、多边形、曲面片，显示对象是三维的 (x,y,z)
- --显示器屏幕、绘图纸是二维的 (x,y)
- -- 解决办法：降维 **(投影)**

研究内容

2.如何反映物体与物体之间的关系?

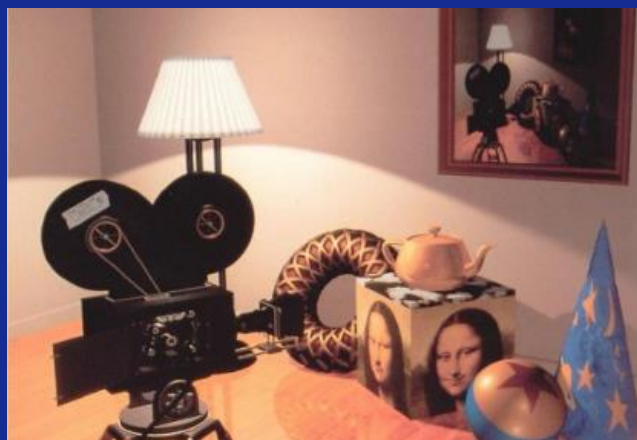
- --物体之间或物体不同部分之间存在遮挡
- -- 解决办法: **消除隐藏线和隐藏面**



研究内容

3.如何产生真实感图形?

- 人们观察现实世界产生的真实感来 源于
- 空间位置关系---近大远小的透视关系和遮挡关系
- 光线传播引起的物体表面颜色的自然分布
- 解决办法: **建立光照明模型、开发真实感图像绘制**





建模、变换、绘制和显示

■建模

- 线框模型：三维形体的轮廓线，没有面，不能消隐、着色和绘制真实感图形
- 表面模型：在线框的基础上添加了表面，可以消隐、着色和绘制真实感图形
- 实体模型：由简单图元绘制复杂几何模型（第9章）
- 曲线曲面模型：Berizer和B样条曲线与曲面（第7章）



建模、变换、绘制和显示

■变换

对景物几何模型施加某种处理，把处理前的景物形状数据转换为处理后的景物形状数据的数学过程。如旋转、移动、缩放等。（第5、6章）



建模、变换、绘制和显示

■绘制

真实感图形的绘制包括消去三维景物投影中不可见的面、景物在光照时的表面明暗处理以及纹理映射（第9、10章）



建模、变换、绘制和显示

■显示

完成三维物体建模和绘制后，还要在显示器平面上将其呈现出来。首先借助投影变换绘制投影图，其次在图像显示器等光栅输出设备是图形用像素的集合来表示。 **(第3章)**



研究内容

图形绘制流水线

应用程序



几何处理



光栅化

建模：绘制的几何体（点、线、多边形、曲面片等）

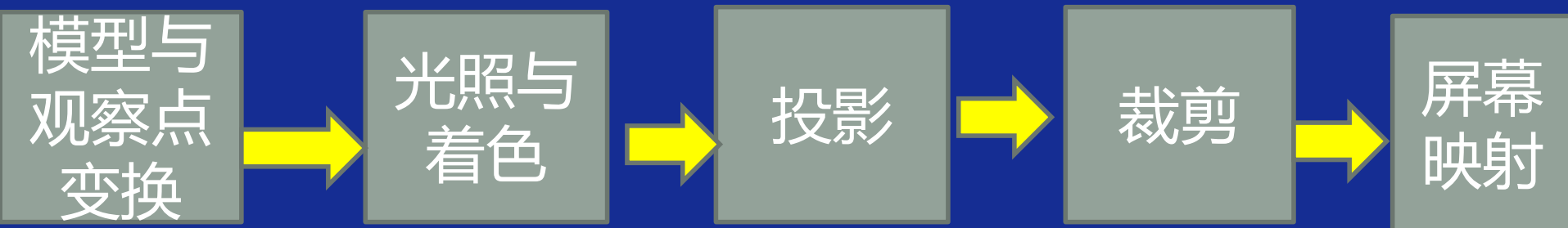
多边形与顶点操作

将上一阶段处理后的顶点、颜色和纹理坐标扫描转化



研究内容

几何处理





全书的主要算法原理

- 基于光栅扫描器的基本图形扫描转换原理
- 基于齐次坐标的二维、三维图形的几何变换原理
- 基于几何造型的自由曲线、曲面的生成原理
- 基于图像空间和物体空间的三维物体动态消隐原理
- 基于颜色模型、光照模型和纹理映射技术的真实感图形显示原理



第一章 导论

计算机图形学



本章主要内容:

- 1.1 计算机图形学的应用领域
- 1.2 计算机图形学的概念
- 1.3 计算机图形学的相关学科
- 1.4 计算机图形学的确立与发展
- 1.5 图形显示器的发展及其工作原理
- 1.6 图形软件标准的形成
- 1.7 计算机图形学研究的热点技术
- 1.8 本章小结
- 习题1



本章学习目标:

- 熟悉计算机图形学的应用领域
- 掌握图形学的基本概念
- 了解计算机图形学的发展历史及相关学科
- 掌握光栅扫描器的工作原理
- 初步了解计算机图形学研究的热点技术

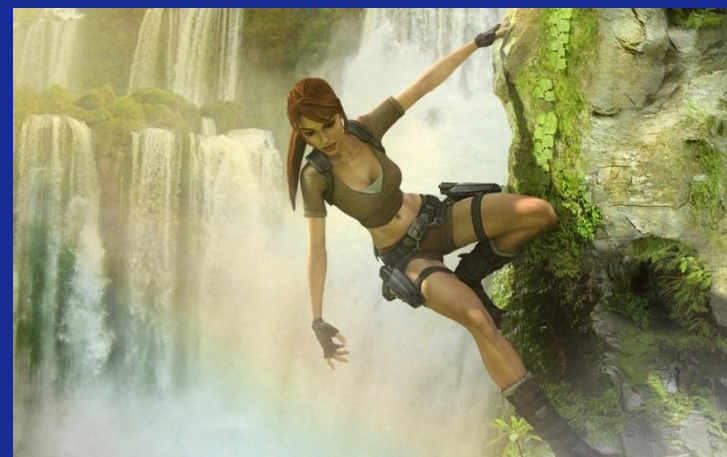


1.1 计算机图形学的应用领域

- “CG” 是计算机图形学 (Computer Graphics) 的缩写。Windows操作系统的是图形化的人机交互界面 (user interface, UI) , 是计算机图形学带来的最直接的感受。
- 显示器也必然会从基于键盘、鼠标等输入设备的二维平面显示器发展到能带给人们身临其境感觉的三维立体显示器。
- 计算机图形学是计算机技术与电视技术、图形图像处理技术相互融合的结果。近年来, 计算机图形学已经在游戏、电影、科学、艺术、商业、广告、教学、培训和军事等领域获得了广泛的应用。



1.1 计算机游戏



“古墓丽影”

1.1 计算机游戏



历代“劳拉”对比

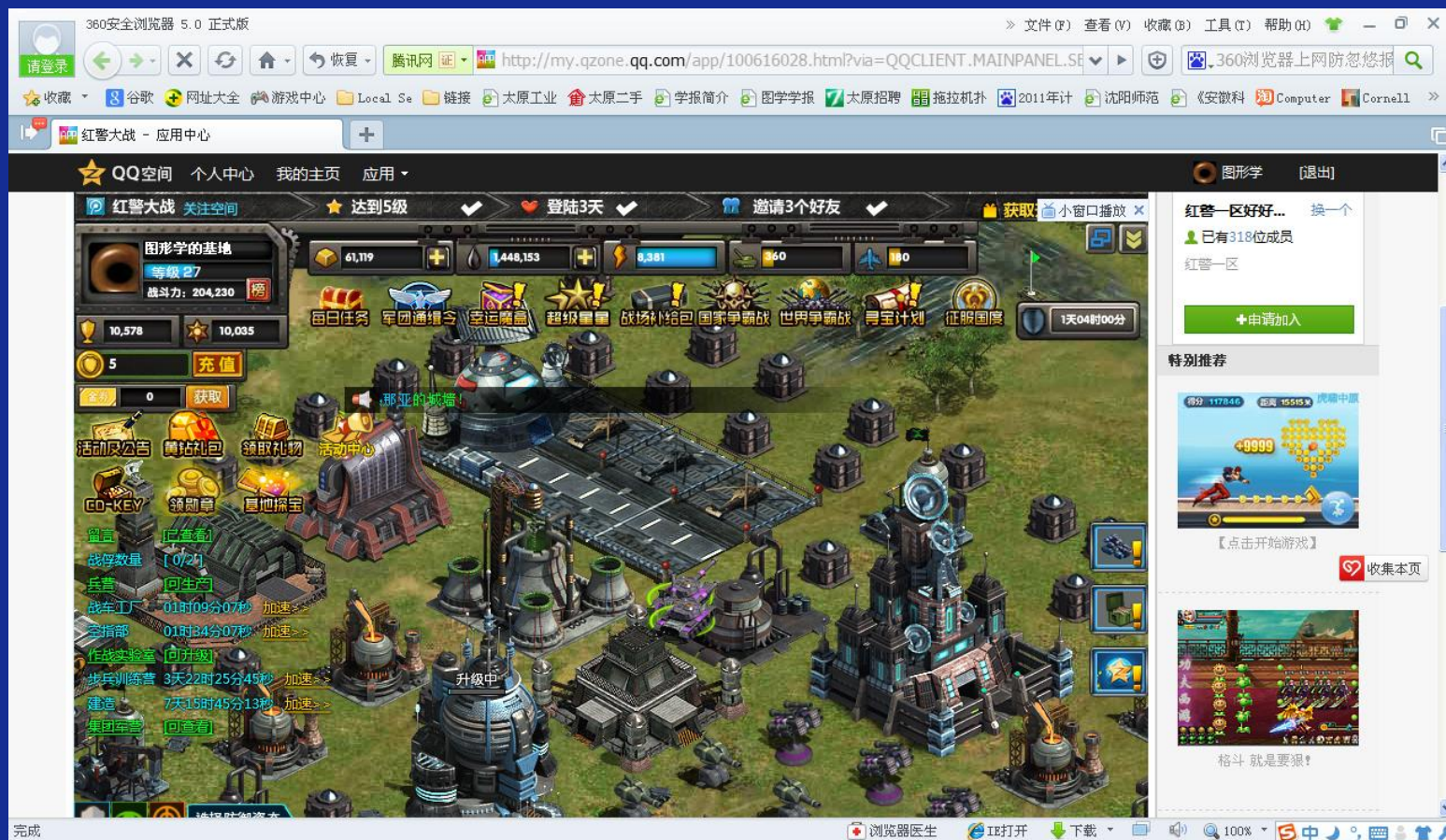


1.1 计算机游戏





1.1 计算机游戏



网页游戏“红警大战”



1.1.2 计算机辅助设计

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 和**计算机辅助制造** (Computer Aided Manufacture, CAM) 是计算机图形学最早应用的领域, 也是当前计算机图形学最成熟的应用领域, 典型的代表产品为AutoCAD系统软件。现在建筑、机械、飞机、汽车、轮船、电子器件等产品的开发几乎都使用AutoCAD进行设计。

Autodesk公司出版的另外两个三维建模、动画和渲染软件是**3ds max**和**Maya**, 前者主要用于建筑物建模, 后者主要用于角色建模。

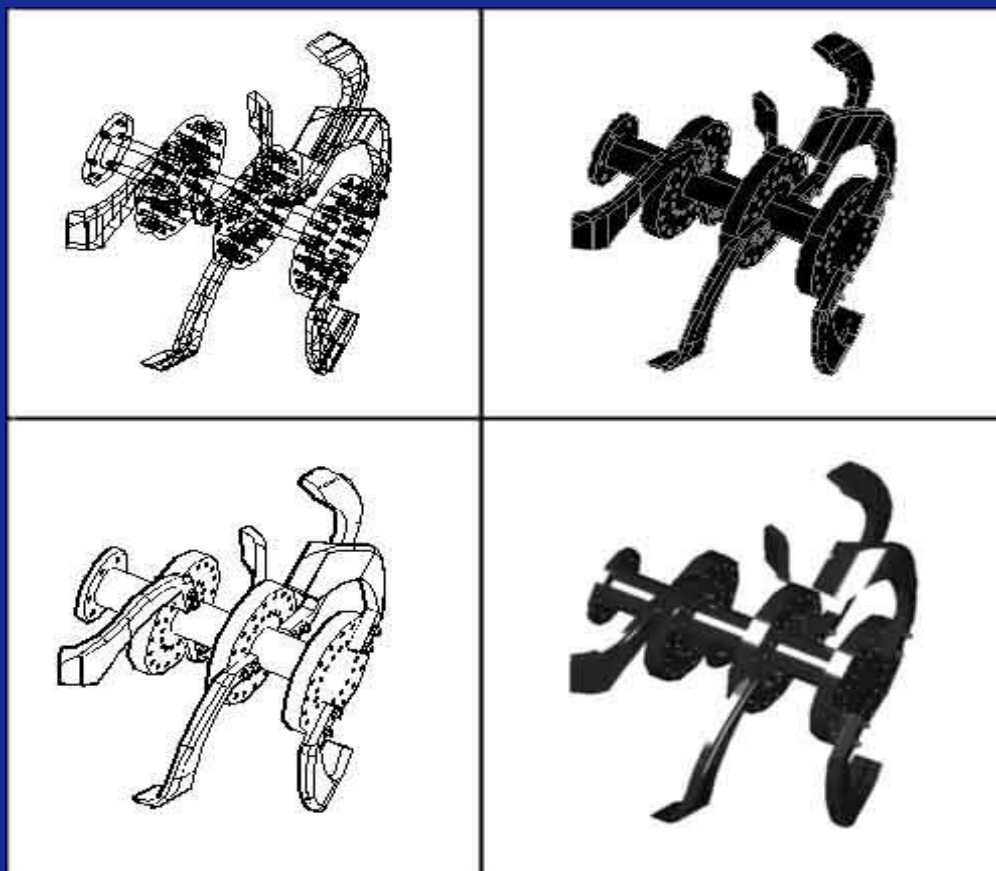


1.1.2 计算机辅助设计





1.1.2 计算机辅助设计



AutoCAD旋耕刀辊设计图



1.1.2 计算机辅助设计



3ds max软件设计的宿舍平面图



1.1.3 计算机艺术

计算机图形学广泛应用于美术设计中，称为**计算机艺术 (Computer Art, CA)**，动画设计是其典型代表。目前,计算机动画已经广泛应用于影视特技、商业广告、游戏、计算机辅助教学等领域。

许多商业广告中还用到变形 (Morph) 的图形处理方法，可以将一个人的脸变成另一个人的脸。



1.1.3 计算机艺术

- 科学与技术相结合的一门学科。
- 计算机动画是计算机艺术的典型代表。
 - **帧动画**：以帧为基本单位组织的多个静态画面，通过在关键帧之间插值的方法，得到平滑的动画效果。
 - **骨骼动画**：由互相连接的“骨骼”组成的骨架结构，通过改变骨骼的朝向和位置来生成动画。

1.1.3 计算机艺术

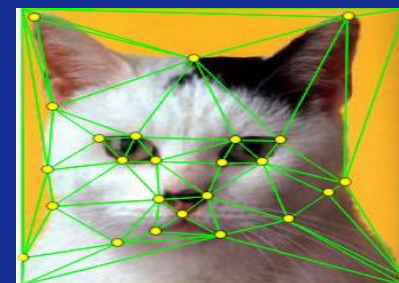
—网格变形动画： 分别在源图像和目标图像两个关键帧上选取特征点，建立起拓扑上一一对应的三角形网格，使用基于网格的图像变形算法可以插值出一系列中间图像，原图像经过这些中间图像光滑地变化到目标图像。



源图



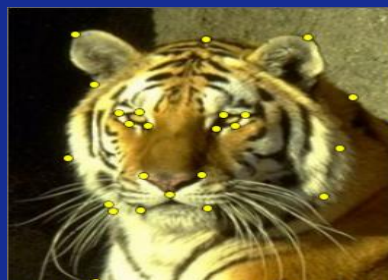
特征点



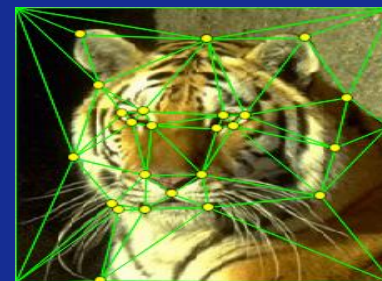
三角形网格



目标图



特征点



三角形网格

1.1.3 计算机艺术

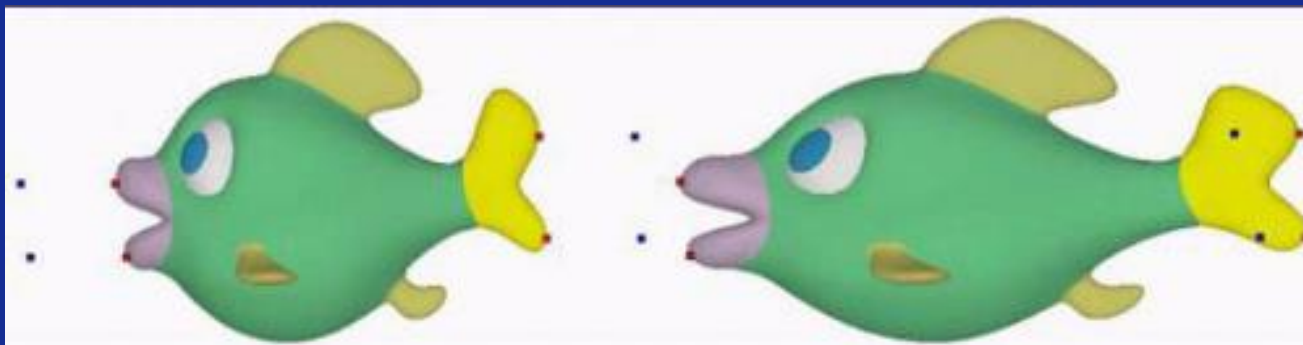
--**二维动画**：基于特征的图像变形、形状混合、轴变形方法



基于特征的图像变形（猫变虎）

1.1.3 计算机艺术

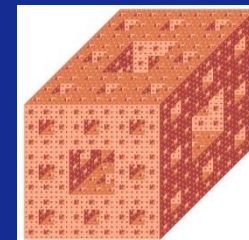
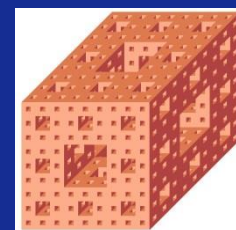
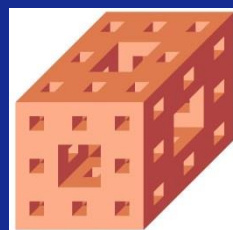
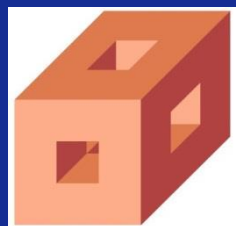
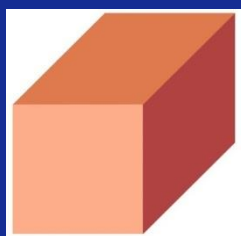
--**三维动画**：关键帧动画、变形物体的动画、过程动画、关节动画
与人体动画



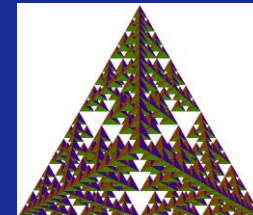
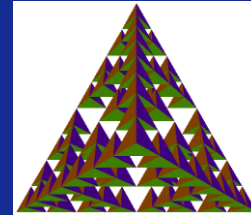
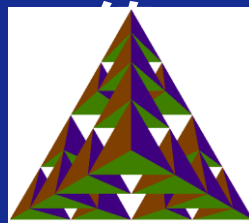
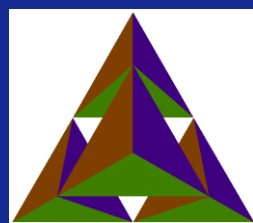
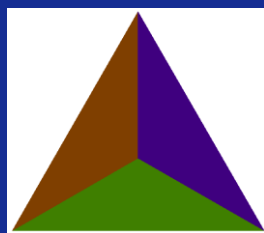
由三维自由形体变形(Free-Form Deformation, FFD)操作得到的鱼的变形图

1.1.3 计算机艺术

一分形艺术：通过递归实现复杂的嵌套结构，主要用于描述欧几里得几何学无法描述的自然使劲儿关键帧动画、变形物体的动画、过程动画、关节动画与人体动画



Menger海



Sierpinski镂空垫



1.1.4 虚拟现实

虚拟现实 (virtual reality, VR) 技术是利用计算机生成虚拟环境, 逼真地模拟人在自然环境中的视觉、听觉、运动等行为的人机交互的新技术。虚拟现实的3I特性包括: 沉浸性 (Immersion)、交互性 (Interactivity)、想象性 (Imagination)。

借助于一些特殊设备, 如数据手套、头盔显示器等, 用户可以“沉浸”到该环境中。在虚拟现实, 看到的是全彩色的影像, 听到的是逼真的音响, 感受到的是虚拟环境设备反馈的作用力, 从而产生身临其境的感觉。视景仿真是虚拟现实技术最重要的表现形式, 已经在城市规划仿真等许多领域得到广泛的应用



1.1.4 虚拟现实



室外场景



室内场景



1.1.5 计算机辅助教学

计算机辅助教学(Computer Aided Instruction)是利用计算机图形学技术展示抽象原理或不可见过程的一种新的教学方法。在多媒体教室, 教师使用集图、文、声、像为一体的多媒体课件, 形象、生动地进行教学, 有助于学生理解和接受深奥枯燥的理论。在网络化学习 (E-Learning) 时代, 网络公开课搭建起强有力的网络视频教学平台, 使受教育者不必进入传统的课堂也能接受到优质的培训, 分享全世界范围内的优质教育资源。



1.2 计算机图形学的概念

■ 什么是计算机图形学（Computer Graphics, CG）？

研究如何利用计算机的**表示、生成、处理、显示**图形的学科；

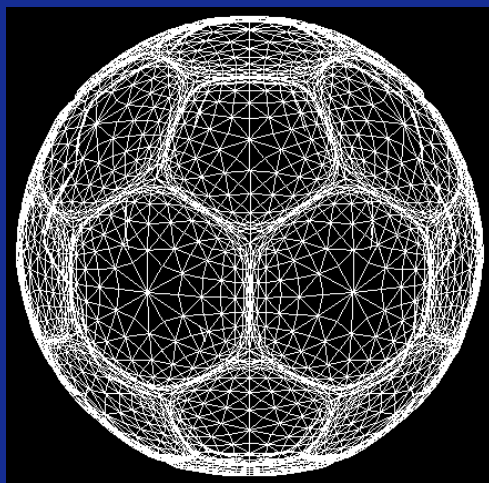
■ 国际标准化组织（ISO）的定义：

计算机图形学是研究通过**计算机**将**数据**转换为图形，并作专门**显示设备**上显示的**原理、方法和技术的学科**



1.2.1图形的分类

- **线框图**：基于线条的信息表示的几何图形，反映客观实体的内部结构，如线框图、工程制图等；
- **明暗图**，即**真实感图形**：有材质、色彩、浓淡和明暗层次由真实感的图形，它适合表现客观实体的外形或外貌；



线框图



真实感图形



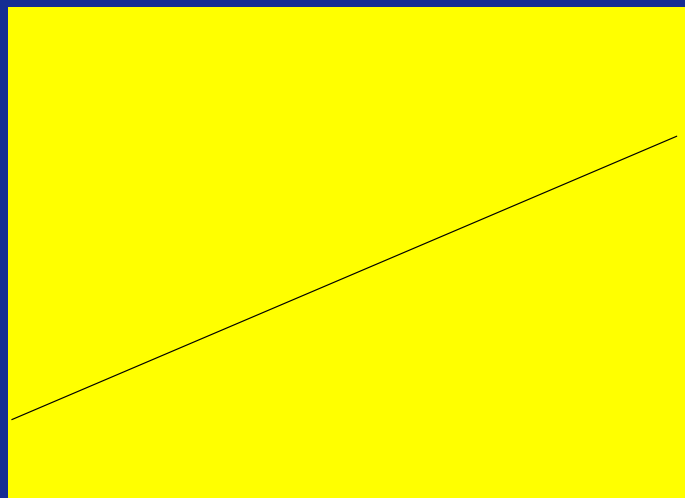
1.2.2图形的表示方法

- **参数法**：基于是在设计阶段采用几何方法建立模型时，用形状参数和属性参数描述图形的一种方法。形状参数可以说线段的起始点和终止点等**几何参数**。属性参数则包括线段的颜色、线型、宽度等**非几何参数**。一般用参数法描述的图形仍称为**图形**。
- **点阵法**，即是在显示阶段用具有颜色的像素点阵来表示图形的一种方法，描述的图形常称为**图像**；

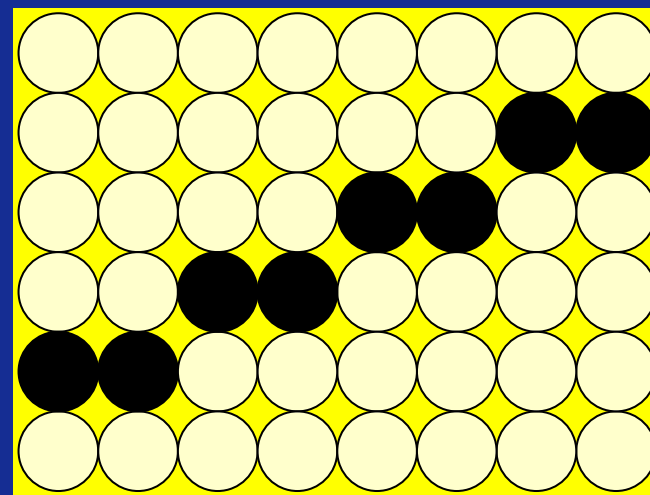
计算机图形学就是研究将图形的表示法从参数法转到点阵法的一门学科。



■ 直线 $y=kx+b$ 表示



图形



图像



■ 图形与图像的关系

— 图像

图像纯指计算机内以位图 (Bitmap) 形式存在的灰度信息;

— 图形

图形含有几何属性, 更强调场景的几何表示, 由场景的几何模型和景物的物理属性共同组成;



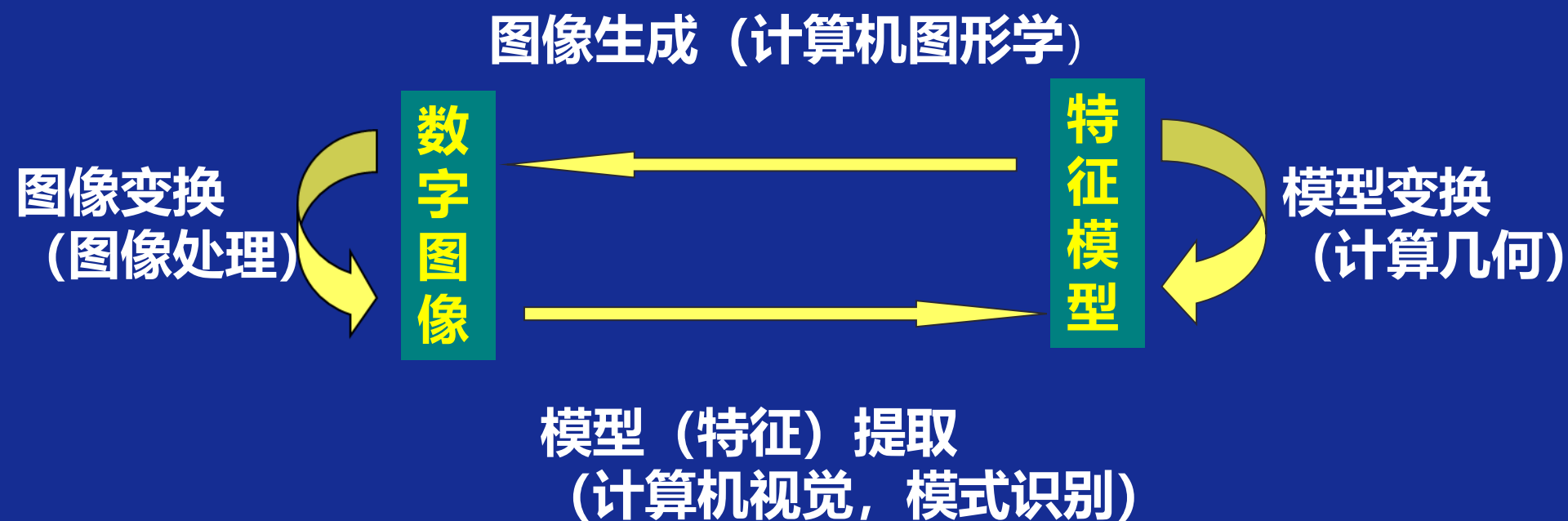
1.2.3 计算机图形学研究的内容

图形硬件、图形标准、图形交互技术、光栅图形生成算法、曲线曲面造型、实体造型、真实感图形的生成算法、科学计算可视化、计算机动画、自然景物仿真和虚拟现实等。

计算机图形学的主要研究目的之一是生成和照片一样逼真的真实感图形。首先在计算机中构造出物体的几何模型，然后根据假定的光照、材质、纹理等条件，计算可见物体表面的反射光强。



1.3 计算机图形学的相关学科



发展特点:交叉、界线模糊、相互渗透



1.3 计算机图形学的相关学科

■ 图像处理

如何对一幅连续图像取样、量化以产生数字图像；

对数字图像做各种变换处理等；

压缩图像以便于存储和传输、图像边缘提取、特征增强和提取等；

■ 模式识别、计算机视觉

图形学的逆过程，分析和识别输入的图像并从中提取二维或三维的数据模型（特征）。



1.3 计算机图形学的相关学科

- 计算机图形学、图像处理和模式识别是计算机应用领域的三个分支学科，他们之间有一定的联系与区别；
- 正因为这三者有共同的地方，因而易混淆，相同之处就算计算机所处理的信息都是与图相关的，但本质是不同的。



1.4计算机图形学的确立和发展

■准备阶段:50年代

1950年,第一台图形显示器在美国麻省理工学院旋风I号(Whirlwind I)计算机上配置成功——**阴极射线管**;

1958年, 美国Calcomp公司由联机的数字记录仪发展成滚筒式绘图仪, GerBer公司把数控机床发展成为平板式绘图仪;

50年代末期, **交互式图形学**的诞生。MIT的林肯实验室在“旋风”计算机上开发SAGE空中防御体系,第一次使用了具有指挥和控制功能的CRT显示器,操作者可以用笔在屏幕上指出被确定的目标。



1.4 计算机图形学的确立和发展

■ 发展阶段：60年代

1963年，MIT的林肯实验室的I.E.Sutherland发表了一篇名为“Sketchpad:一个人机交互通信的图形系统”的博士论文；

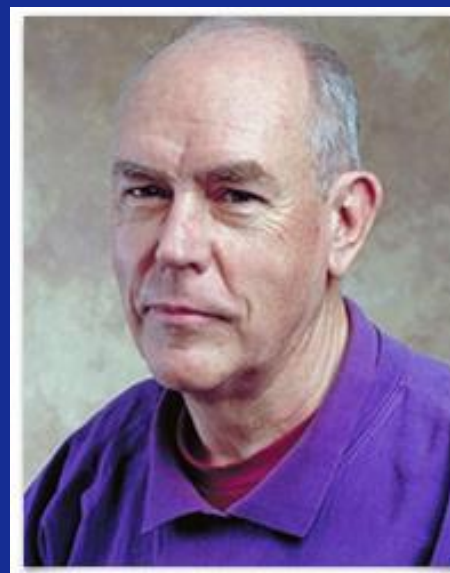
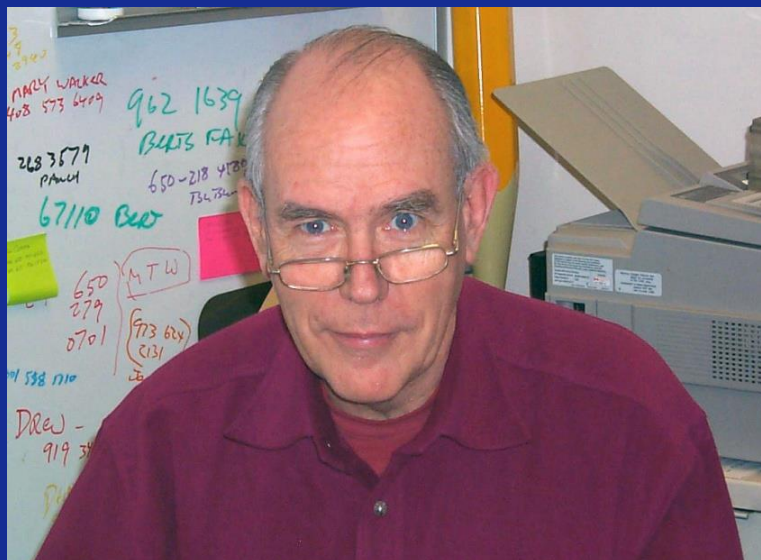
首次提出“计算机图形学Computer Graphics”这个术语；

1962年，雷诺汽车公司的工程师Pierre Bézier提出曲线、曲面的理论，而成为CAGD的先驱；

1964年，MIT的教授Steven A.Coons提出了超限插值的新思想，通过插值四条任意的边界曲线来构造曲面。



Ivan E.Sutherland 简介



ACM : A.M. Turing Award

- 评价: For his pioneering and visionary contributions to computer graphics, starting with Sketchpad, and continuing after .



1.4 计算机图形学的确立和发展

■ 推广应用阶段：70年代

— 光栅扫描器的诞生推动光栅图形学的快速发展

区域填充、裁剪、消隐等基本图形概念及其相应算法纷纷诞生；

— 图形软件标准化

1974年，ACM SIGGRAPH与ACM成立图形标准化委员会，制定“核心图形系统”（Core Graphics System）；

ISO发布计算机图形接口CGI、计算机图形元文件标准CGM、计算机图形核心系统GKS等标准。



1.4 计算机图形学的确立和发展

■ 推广应用阶段：70年代

— 真实感图形学

1970年, Bouknight提出了第一个光反射模型;

1971年, Gourand提出“漫发射模型+插值”的思想, 被称为Gourand明暗处理;

1975年, Phong提出了著名的简单光照模型—phong模型。

— 实体造型技术

英国剑桥大学CAD小组的Build系统;

美国罗彻斯特大学的PADL-1系统。



1.4 计算机图形学的确立和发展

■ 系统实用化阶段：80年代

带有光栅扫描显示器的微型计算机和图形工作站进一步推动了计算机图形学的发展

1980年Whitted提出了第一个光透视模型-Whitted模型，并第一次给出光线跟踪算法的范例，实现Whitted模型；

1984年美国Cornell大学和日本广岛大学的学者分别将热辐射工程中的辐射度方法引入到计算机图形学中；

图形硬件和各个分支均在这个时期飞速发展。



1.4 计算机图形学的确立和发展

■ 标准化智能化阶段：90年代

计算机和软件系统的普及是的图形学的应用日益广泛

标准化、集成化、智能化

■ 21世纪

多媒体技术、人工智能、科学计算可视化、虚拟现实



计算机图形学的会议和期刊

■会议

Siggraph, Eurograph, Pacific Graphics,

Computer Graphics International, Graphics Interface...

■期刊

ACM Transaction on Graphics

IEEE Computer Graphics and Application

IEEE Visualization and Computer Graphics

Graphical ...



常用的图形设备:图形输入设备

- 早期的计算机绘图系统只能用键盘输入复杂的代码和命令来描述产品的几何形状。Sketchpad不必通过键盘输入繁琐的公式或代码，只用光笔等手持物体就可以在电脑屏幕上创建绘出三维几何图像。Sketchpad极大简化了人与计算机的信息交互，使得人手在屏幕上设计图形成为可能。
- Sutherland发明了世界上第一台头盔式显示器，直接把人融入到人脑与计算机生成的三维虚拟世界中。头盔显示器里用户戴的双目眼镜内的一个小计算机屏幕上放映图像，可以形成透视场景。这是3D交互和虚拟现实技术的先驱。
- 1988年图灵奖获得者，美国科学院和工程院两院院士。



常用的图形设备:图形输入设备

■图形输入设备

- 第一阶段**: 控制开关、穿孔纸等;
- 第二阶段**: 键盘;
- 第三阶段**: 二维定位设备如鼠标、光笔、触摸屏等等;
- 第四阶段**: 三维输入设备如空间球、数据手套等, 用户的手势等;
- 第五阶段**: 用户的思维



图形输入设备

最常用的是基本的计算机输入设备：**键盘与鼠标**；

—跟踪球和空间球

根据球在不同方向受到推或拉的压力实现定位和选择。

—数据手套

通过传感器和天线来获得和发送手指的位置和方向的信息。

这几种输入设备在**虚拟现实场景**的构造和漫游中特别有用



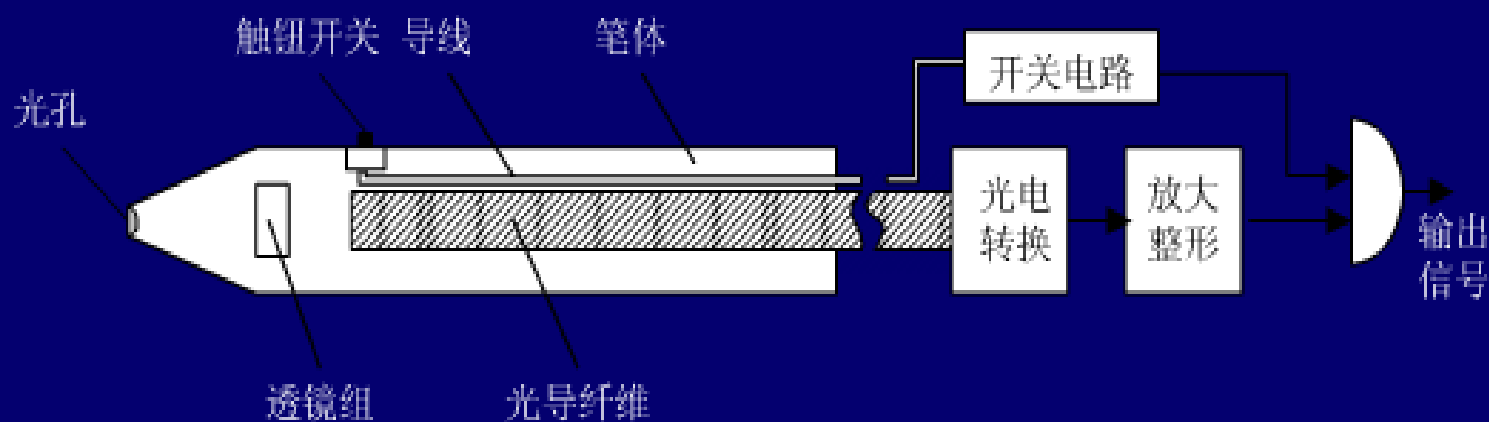
图形输入设备

最常用的是基本的计算机输入设备：**键盘与鼠标**；

一**光笔**

一种检测光的装置，它直接在屏幕上操作，拾取位置；形状和大小象一支圆珠笔，笔尖处开有一个圆孔，让荧光屏的光通过这个孔进入光笔。光笔的头部有一组透镜，把所收集的光聚集至光导纤维的一个端面上，光导纤维再把光引至光笔另一端的光电倍增管，将光信号转换成电信号，经过整形后输出一个合适信噪比的逻辑电平，作为中断信号送给计算机；

图形输入设备:光笔



光笔结构示意图



图形输入设备:数字化仪

—数字化仪

把图形转成计算机能接收的数字形式专用设备

基本工作原理：采用电磁感应技术；

由一块数据板和一根触笔组成。数据板中布满了金属栅格，当触笔在数据板上移动时，其正下方的金属栅格上就会产生相应的感应电流。根据产生电流的金属栅格位置，判断出触笔当前的几何位置；



图形输入设备:扫描仪

一、扫描仪

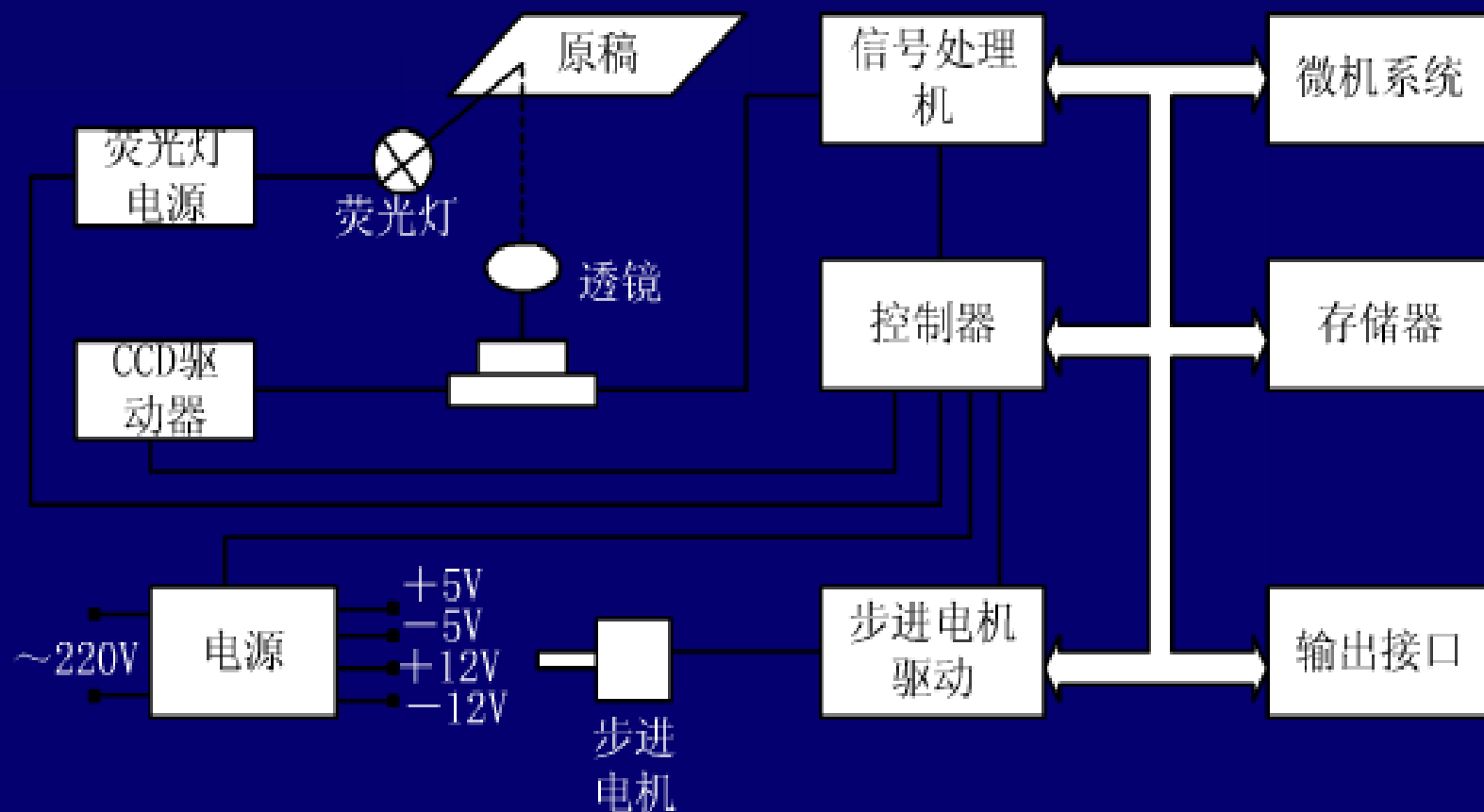
把图形和图象扫描到计算机中以像素信息进行存储；

大多数采用的固态器件是电荷耦合器件；

工作原理:用光源照射原稿，投射光线经过一组光学镜头射到CCD器件上，得到元件的颜色信息，经过模/数转换器，图象数据暂存器等，最终输入到计算机；

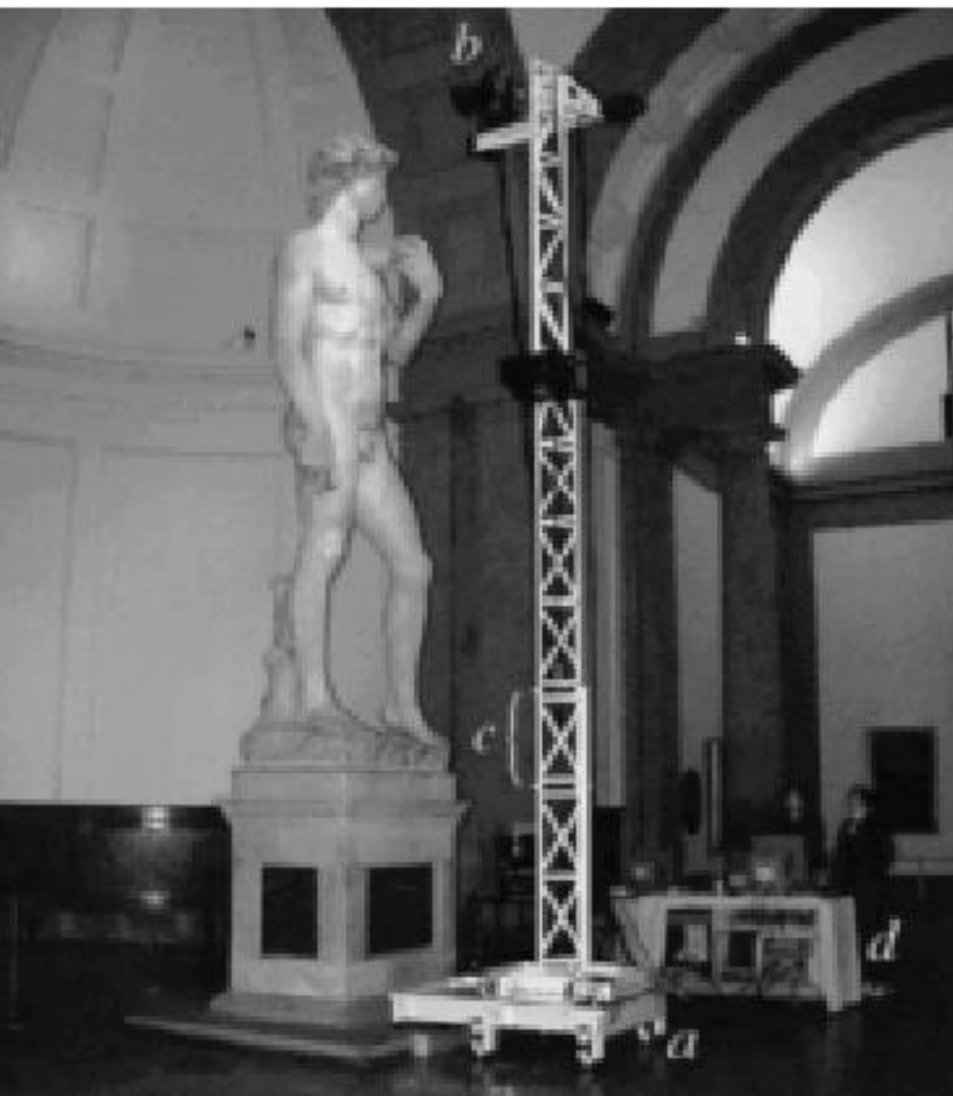


图形输入设备:扫描仪



扫描仪的模块框图

图形输入设备



■真实物体的三维信息的输入

在实际生产过程中，许多零件和样板要进行大规模的生产，就必须在计算机中生成三维实体模型，有时这个模型要通过已有的实物零件得到 - 》需要一种设备来采集实物表面各个点的位置信息；

一般方法：激光扫描，国外已有许多这样的商业仪器；

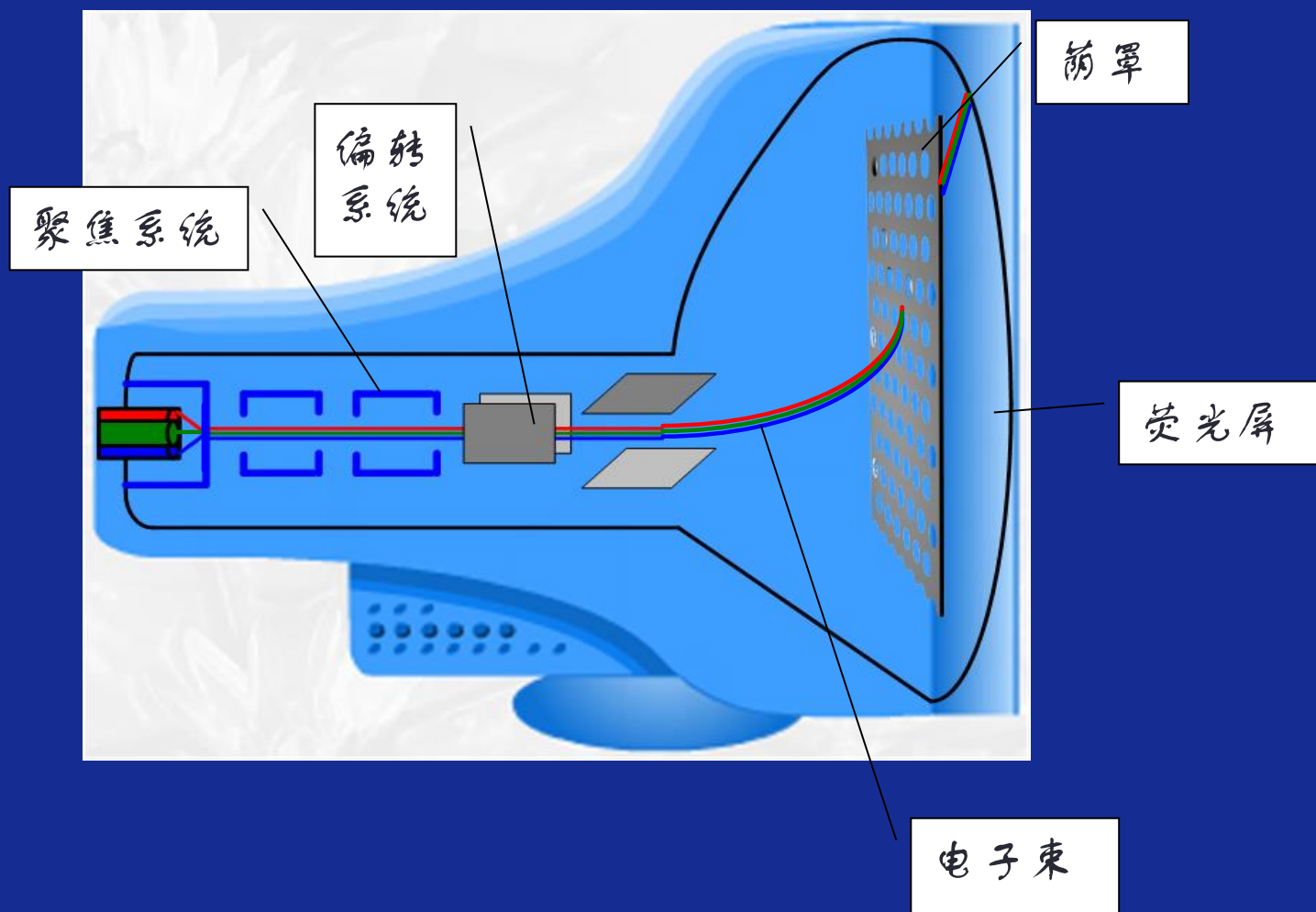
应用：扫描保存古代名贵的雕塑和其它艺术品的三维信息；



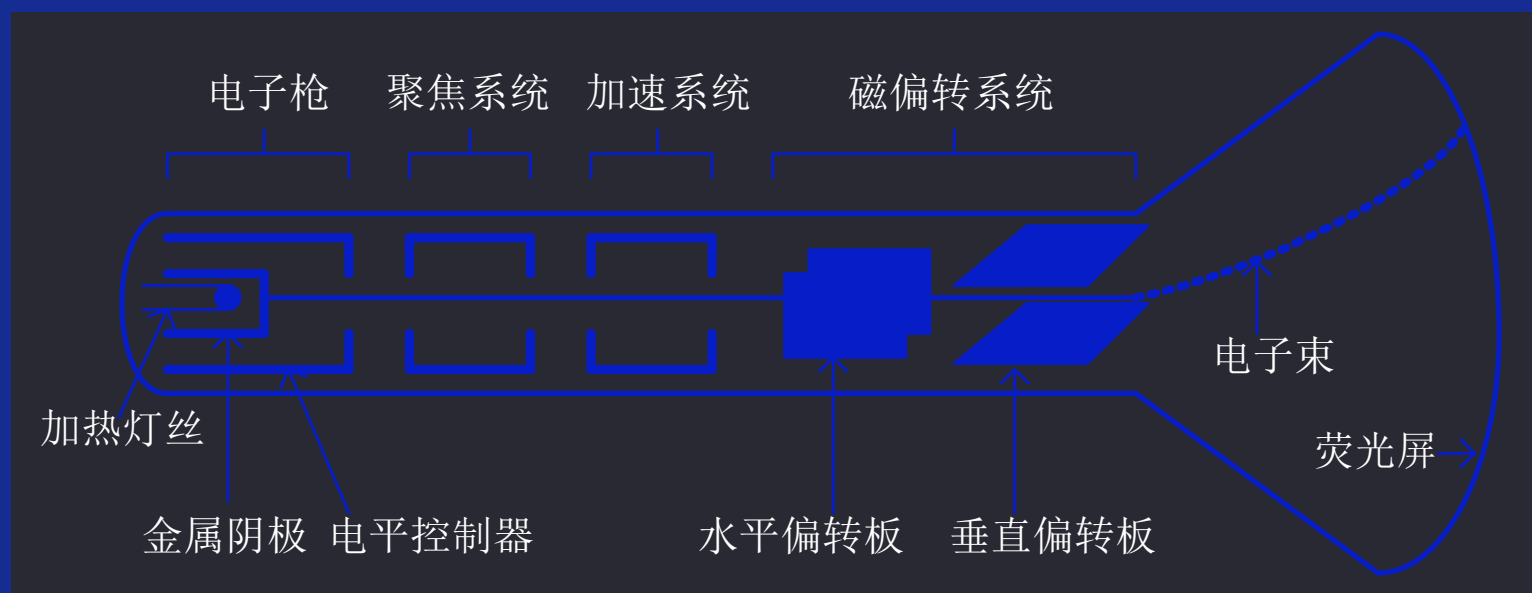
1.5图形显示器的发展及其工作原理

- 阴极射线管 (Cathode Ray Tube, CRT) , 是光栅扫描显示器的显示部件, 其功能与电视机的显像管类似, 主要是由电子枪(electron gun), 偏转系统(deflection coils), 荫罩(shadow mask), 荧光粉层(phosphor)及玻璃外壳(screen)五部分组成。

1.5.1 阴极射线管

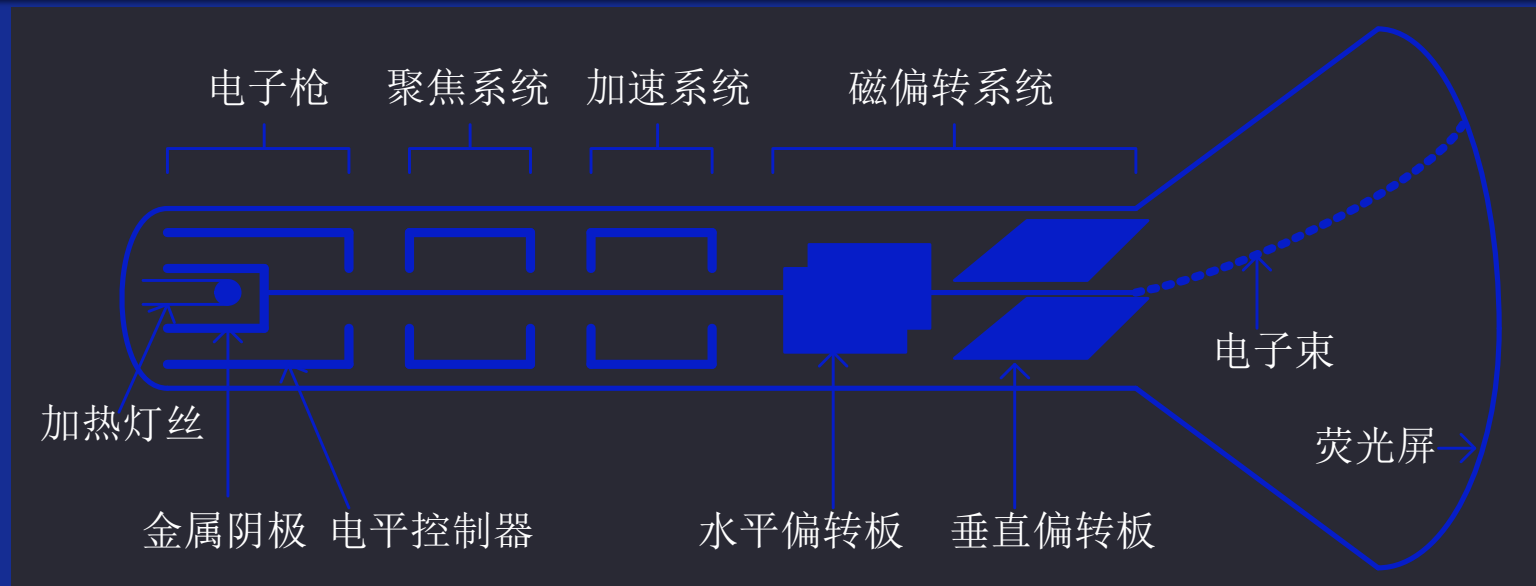


1.5.1 阴极射线管



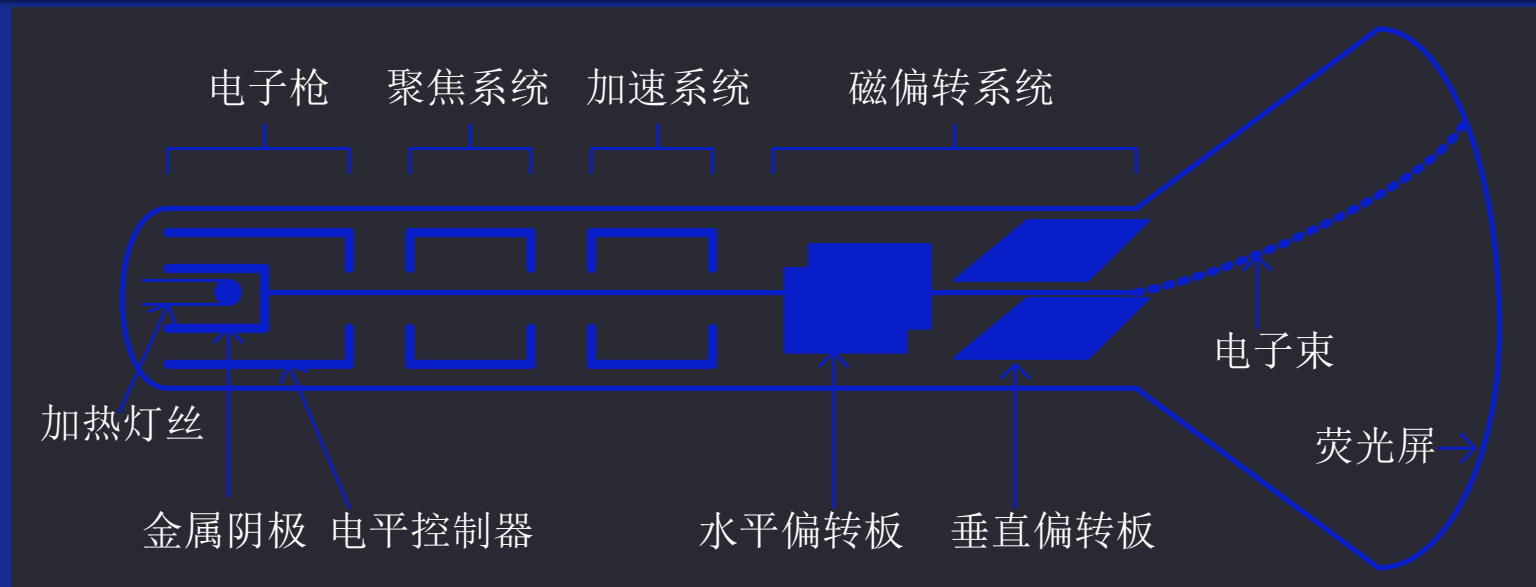
- 电子枪是由灯丝、阴极、控制栅组成。彩色CRT中有红绿蓝三支电子枪。有的显示器的电子枪是单枪三束。

1.5.1 阴极射线管



CRT通电后灯丝发热，阴极被激发射出电子，电子收到控制栅的调节形成电子束。高速的电子束经过**聚焦系统**、**加速系统**加速轰击到荧光屏上的呈三角形排列的红绿蓝荧光点产生彩色，通过**磁偏转系统**就会到达荧光屏的特定位置，荧光粉层被激发后发出辉光形成光点。

1.5.1 阴极射线管



- 由于荧光粉具有余辉特性——电子束停止轰击荧光屏后，荧光粉的亮度并不是立即消失，而是按指数规律衰减，图像逐渐变暗，为了得到亮度稳定的图像，电子枪需要不断地根据帧缓存的内容轰击荧光屏，反复重绘同一幅图像，即不断刷新屏幕。



1.5.1 阴极射线管

- 电子束如何发出又如何控制强弱

电子枪由加热器、金属阴极和电平控制器组成。

当加热器加到一定温度时,金属阴极上的电子就会摆脱能垒的束缚,迸射出去。

- **电平控制器**: 控制电子束的强弱, 加上正电压时, 电子束就会大量通过, 在屏幕上形成较亮的点; 控制电平加上负电压时, 依据电压的大小, 电子束被部分或全部阻截, 通过的电子很少, 屏幕上的点就比较暗;

电子枪发射出来的电子是分散的, 导致不能精确定位, 所以发射出来的电子束必须通过聚焦。



1.5.1 阴极射线管

—**聚焦系统**：是个电透镜，能使大量电子聚集于一点；

—**加速阳极**：使电子达到轰击激发荧光屏应有的速度，由磁偏转系统来达到指定位置；电子束要到达屏幕的边缘时，偏转角度就会增大。到达屏幕最边缘的偏转角度被称为最大偏转角；CRT显示器屏幕越大整个显象管就越长；

要保持荧光屏上有稳定的图像就必须不断地发射电子束，需要刷新。

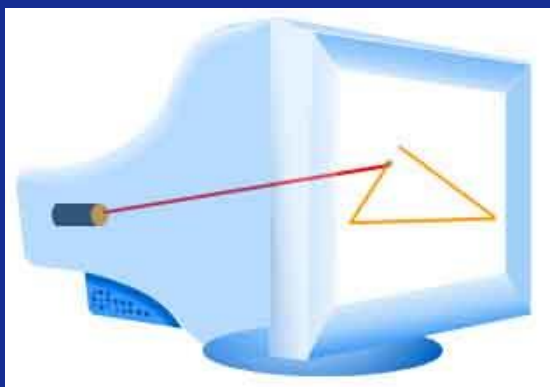
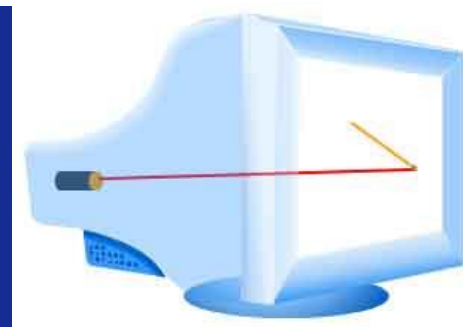
—**刷新频率**：刷新一次是指电子束从上到下扫描一次的过程；刷新频率高到一定值后，图像才能稳定显示，大约达到每秒60Hz时，人眼才能感觉不到屏幕闪烁；隔行扫描与逐行扫描；



1.5.2随机扫描显示器

- 20世纪60年代中期出现随机扫描显示器。
- 图像的定义是存放在文件存储器中的一组画线命令。随机扫描显示器周期性地读取画线命令，依次在屏幕上画出线条，当所有的画线命令都执行完毕后，图像就显示出来。这时随机扫描显示器又返回到第一条命令行进行屏幕刷新。
- 随机扫描显示器可以直接按指定路径画线，直线光滑没有锯齿，主要用于显示高质量的图像。
- 随机扫描显示器也称作矢量显示器，属于画线设备，不能显示有阴影的图像。
- **示波器**是随机扫描显示器。

1.5.2 随机扫描显示器



随机扫描显示器



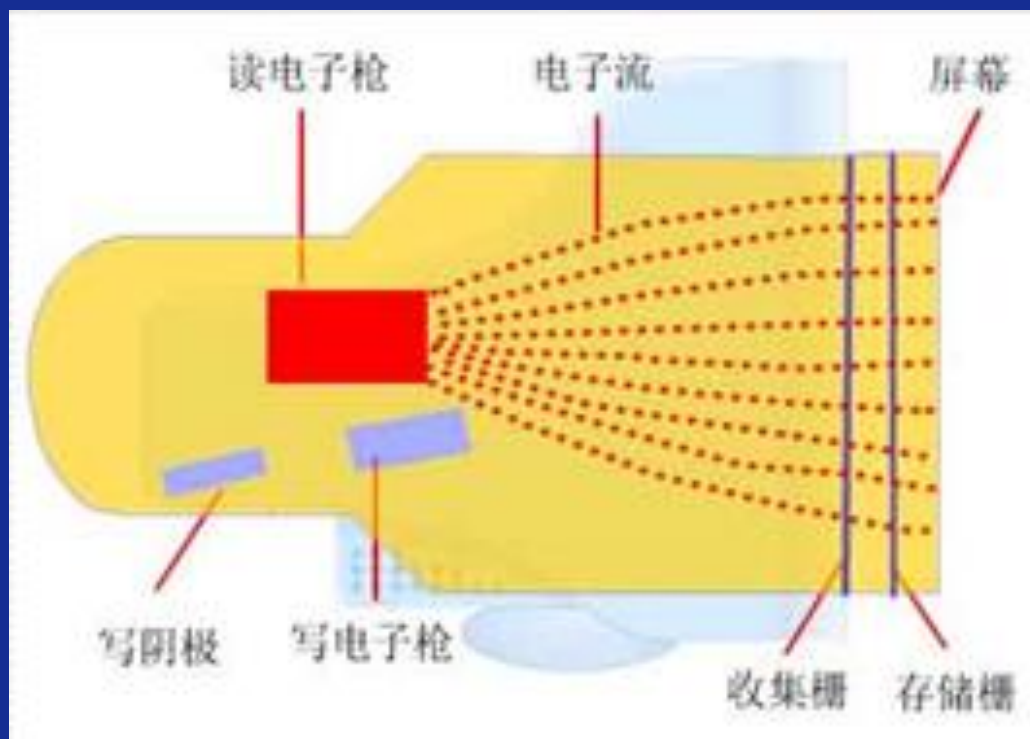
1.5.3 直视存储管显示器

- 70年代后期发展了利用CRT本身来存储信息，而且不再需要刷新屏幕的显示器。
- DVST使用紧贴在荧光层后的存储栅的电荷分布来存储图形。DVST使用两支电子枪，一支是写电子枪，用来存储图形；另一支是读电子枪，用来图形显示。
- 从表面上看DVST极象是一个长余辉的CRT，一条线一旦画在屏幕上，在一小时之内都将是可见的



- 这种显示器的电子束不是直接打在荧光屏上，而是先用写入电子枪将图像信息以正电荷“写”在一个每英寸有250条细丝的存储栅上。读电子枪发出的电子流再把存储栅上的图像“重写”在屏幕上。紧靠着存储栅后面的是收集栅，主要作用是使读出的电子流均匀，并以垂直方向射向屏幕。读电子枪发出的电子流以低速流经收集栅，并被吸引到存储栅上存有图像信息的正电荷上去，而存储栅上的非正电荷部分则被排斥。被吸引过去的电子直接通过存储栅并轰击荧光粉形成图像。
- 缺点：不能显示彩色、不能局部修改图像。

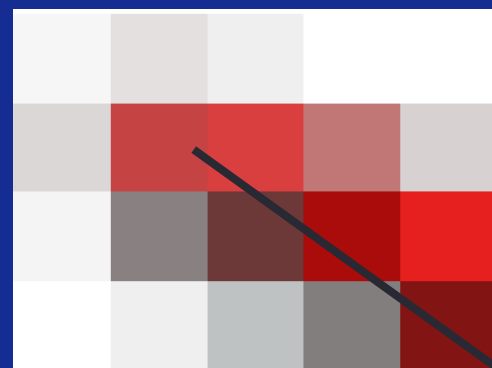
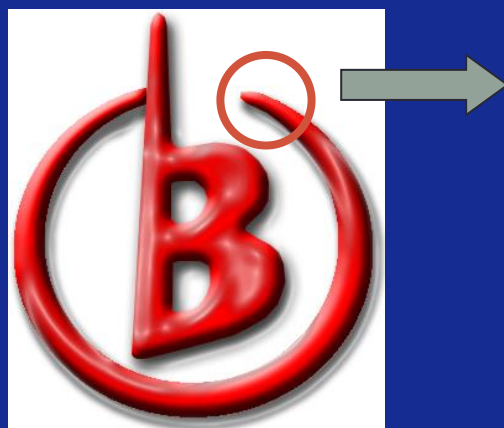
1.5.3 直视存储管显示器



直视存储管显示器

1.5.4光栅扫描显示器

- 光栅扫描显示器电子束的强度可以不断变化，所以容易生成颜色连续变化的真实感图像。光栅扫描显示器是画点设备，可看作是一个点阵单元发生器，并可控制每个点阵单元的亮度，这些点阵单元被称为像素（Picture Element, Pixel）。



像素



屏幕宽高比

屏幕宽高比 (Aspect Ratio) : 显示设备中显示图像的横向尺寸与纵向尺寸的比例, 最常见的为4:3, 目前的高清晰度电视和一些新型显示设备采用了16:9。

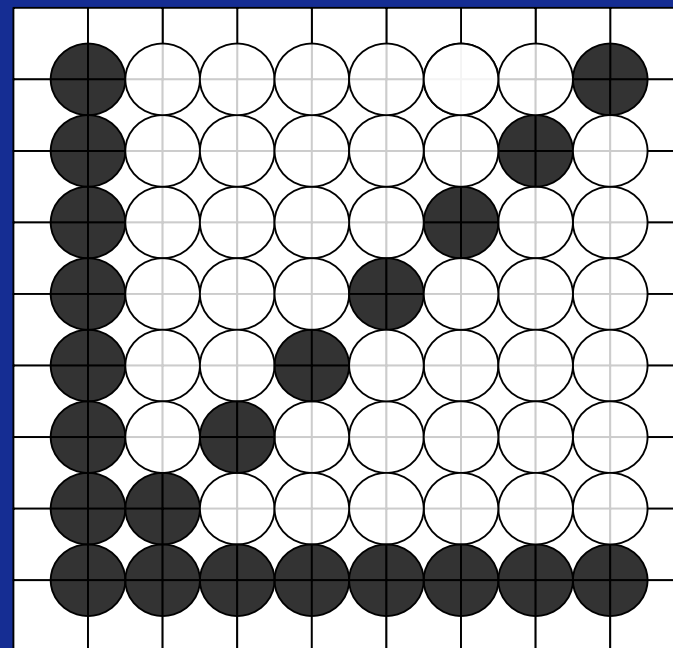
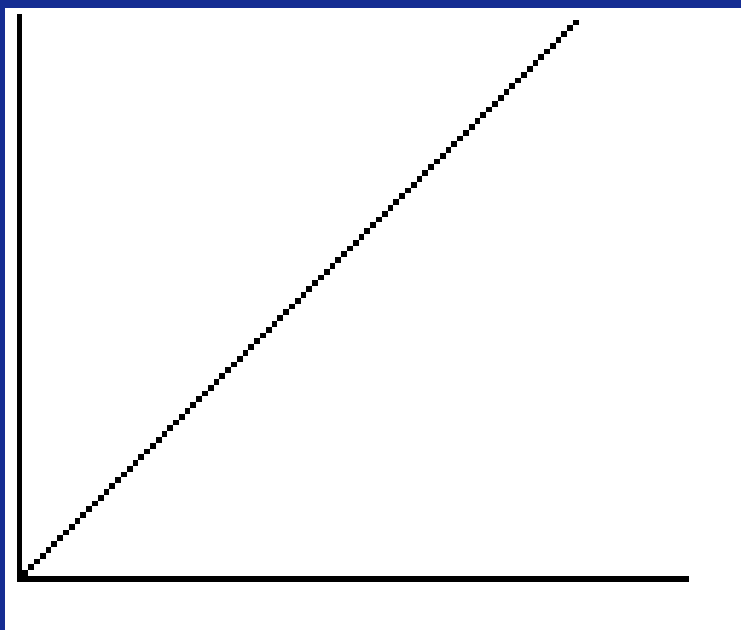
$$800 \times 600$$

$$1024 \times 768$$

$$800/600 = 1024/768 = 4/3$$

不走样直线

- 在绘制水平，垂直直线及 45° 时，像素点集在直线路径上的位置是准确的，直线不走样。





□走样直线

点阵形成的斜线呈阶梯状，形成锯齿线，这称为走样直线。

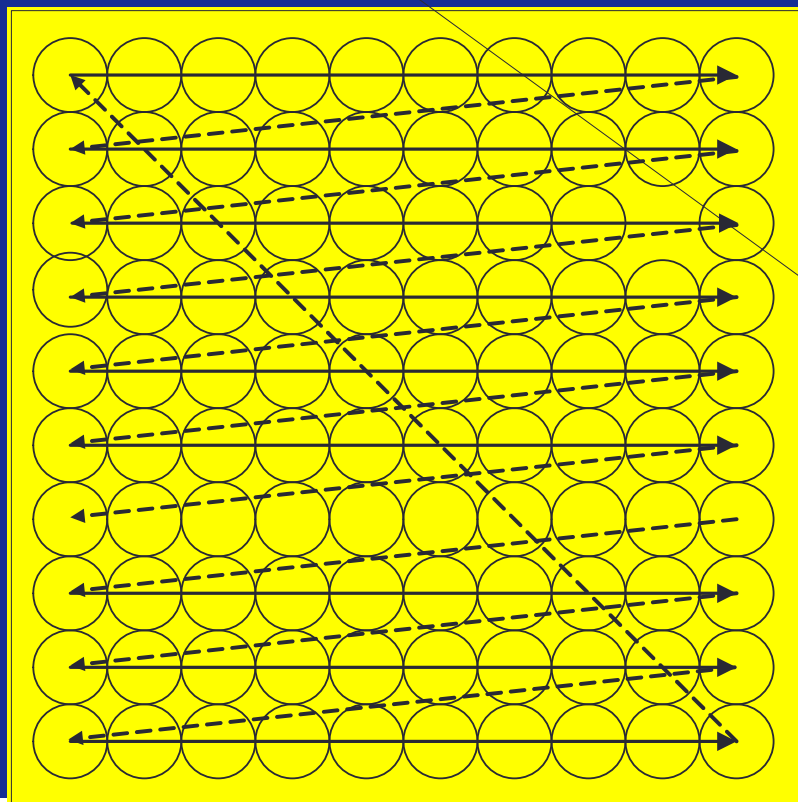


□反走样直线



扫描线

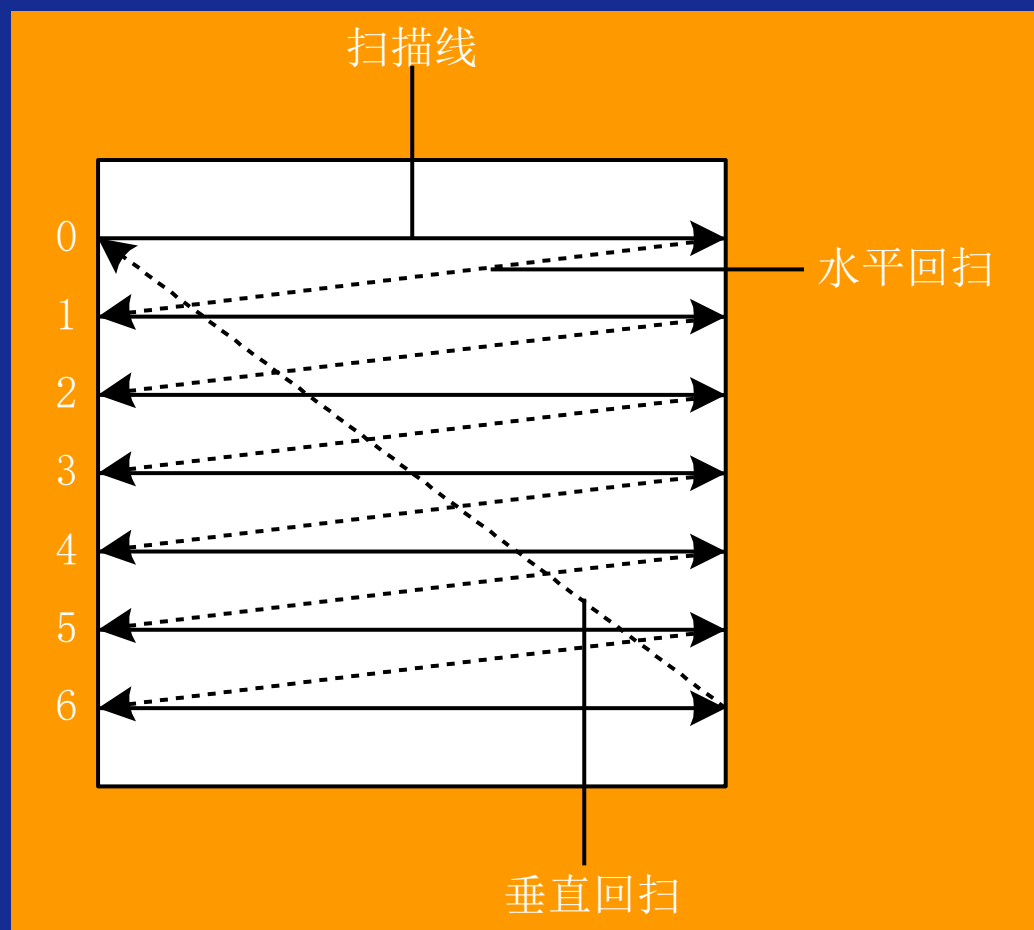
- 光栅显示器为了能在整个屏幕上显示出图形，电子束需要从屏幕的左上角开始，沿着水平方向从左至右匀速地扫描，一直扫描到屏幕的右下角，显示出一帧图像



扫描线
逐行扫描



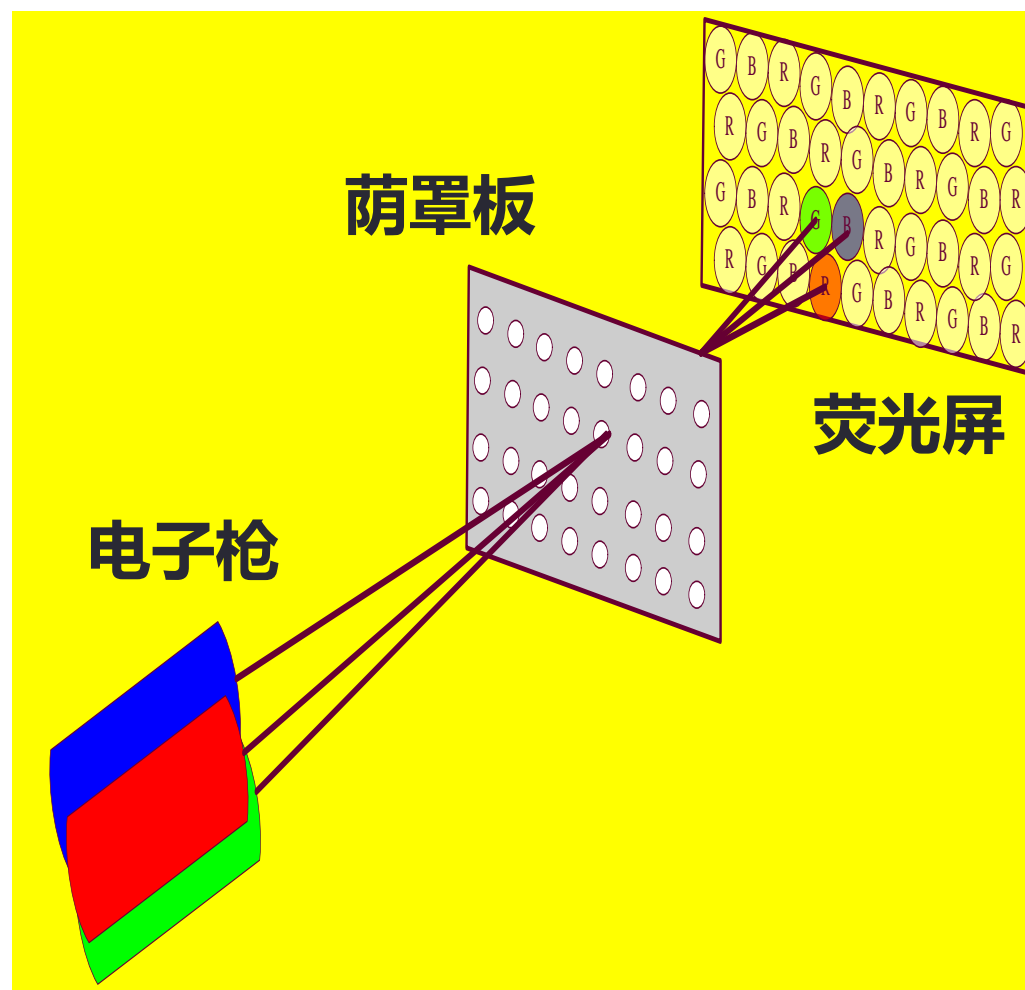
隔行扫描技术



首先从第0行开始扫描,将**偶数行**都扫描完毕垂直回扫后,电子束从第1行开始扫描所有**奇数行**。相当于将扫描频率加倍。

电子束扫描过程示意图

彩色显示器



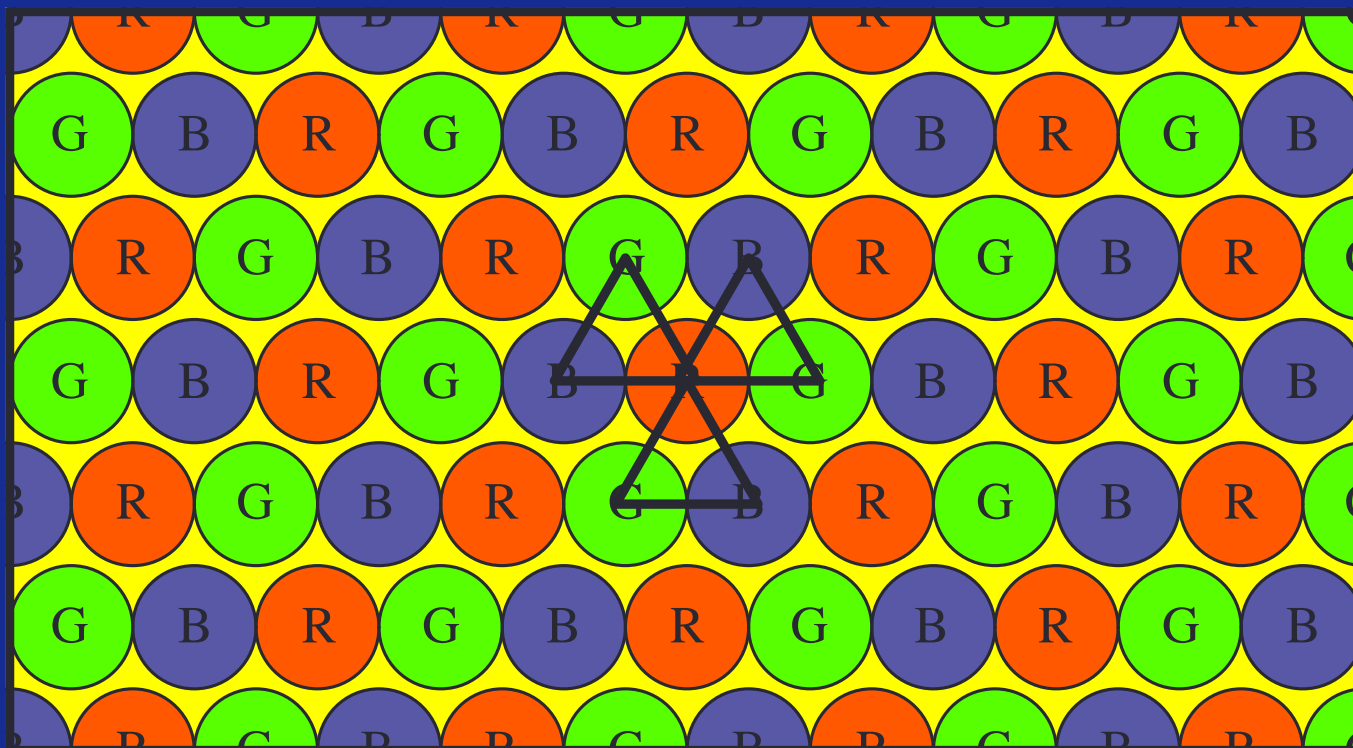
荫罩式彩色CRT显色原理图

彩色CRT显示器的荧光屏上涂有三种**荧光物质**，分别能发红、绿、蓝三种颜色光。电子枪也发出三束电子束来激发这三种物质，中间通过一个**控制栅格**来决定三束电子到达的位置；

三束电子经过**荫罩**的选择，分别到达三个**荧光点**。通过控制三个电子束的强弱就能控制屏幕上点的颜色。

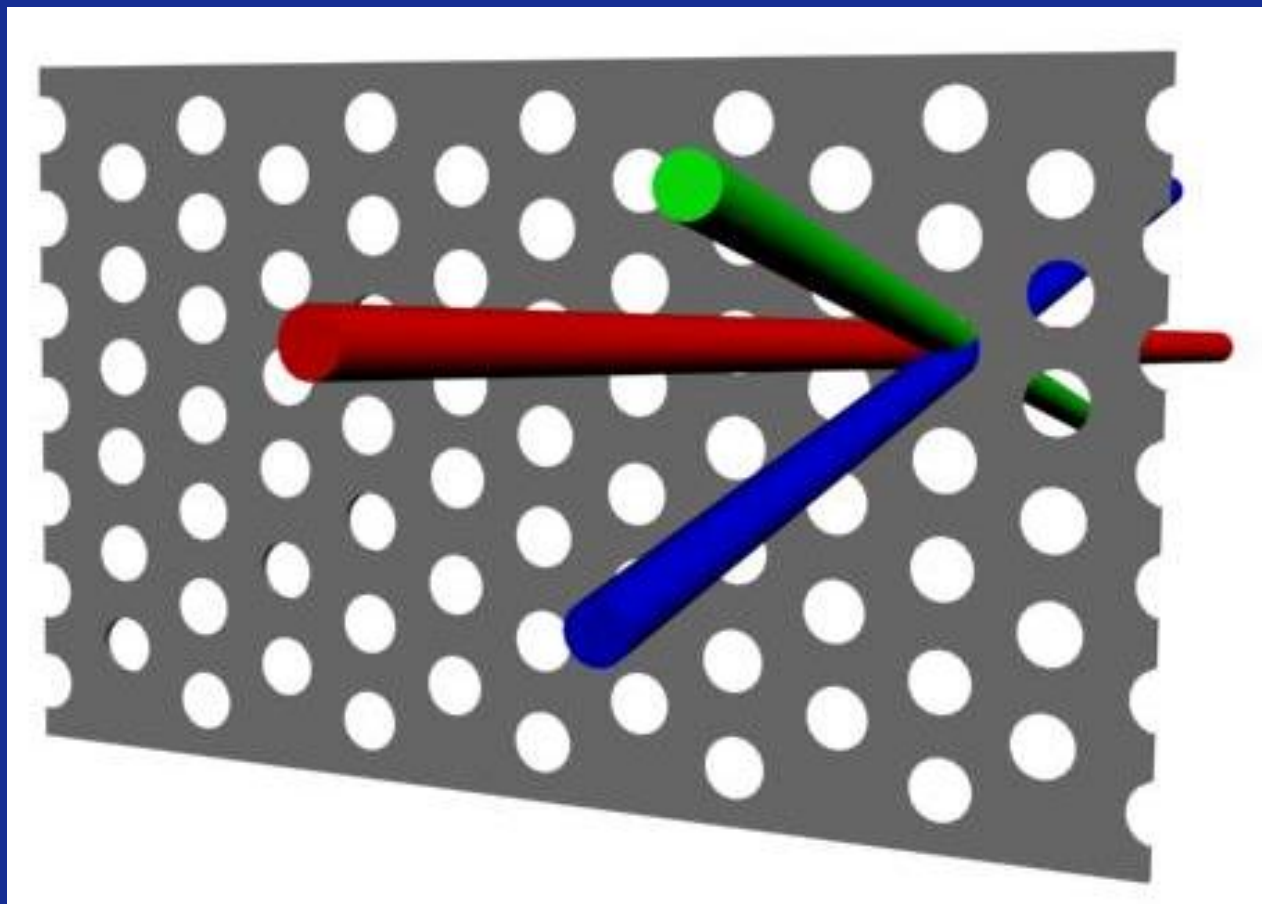


荧光点图案



荧光点图案

荫罩板



对电子束进行准确控制



位面与帧缓冲器

- 帧缓冲器是显存内用于存储帧图像的一块连续内存空间。
- 光栅扫描显示器利用帧缓冲存储屏幕上每个像素的颜色信息，帧缓冲使用位面与屏幕像素一一对应，当CRT电子束自顶向下逐行扫描时，从帧缓冲取出相应的像素的颜色信息绘制到屏幕上。
- **不同的位面显示不同类型的图像**

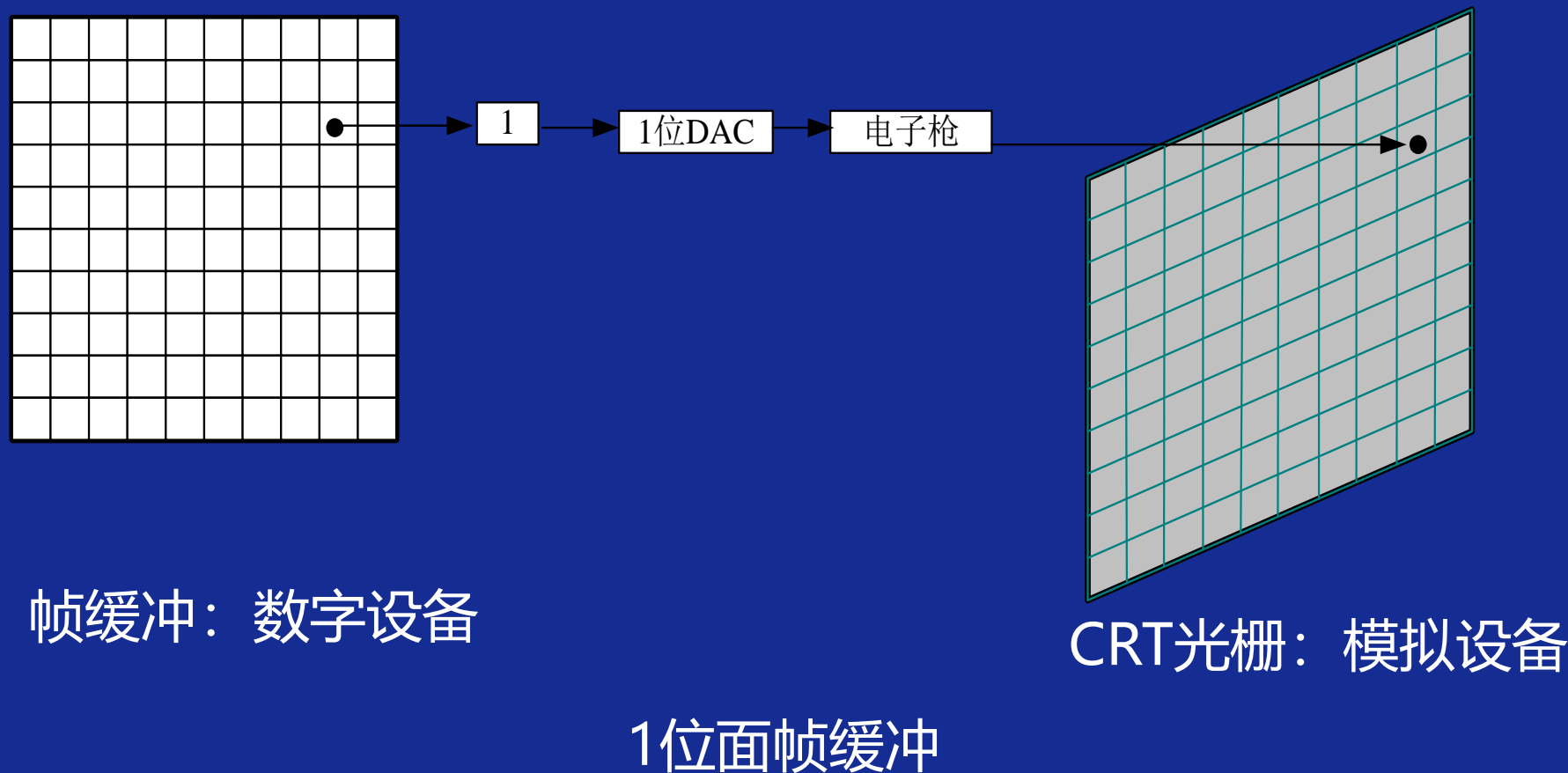
位面与帧缓冲器

- 如果屏幕上每个像素的颜色只用一位 (Bit) 表示, 其值非0即1, 屏幕只能显示黑白二色图像, 称为黑白显示器, 此时帧缓冲器只有一个位面。

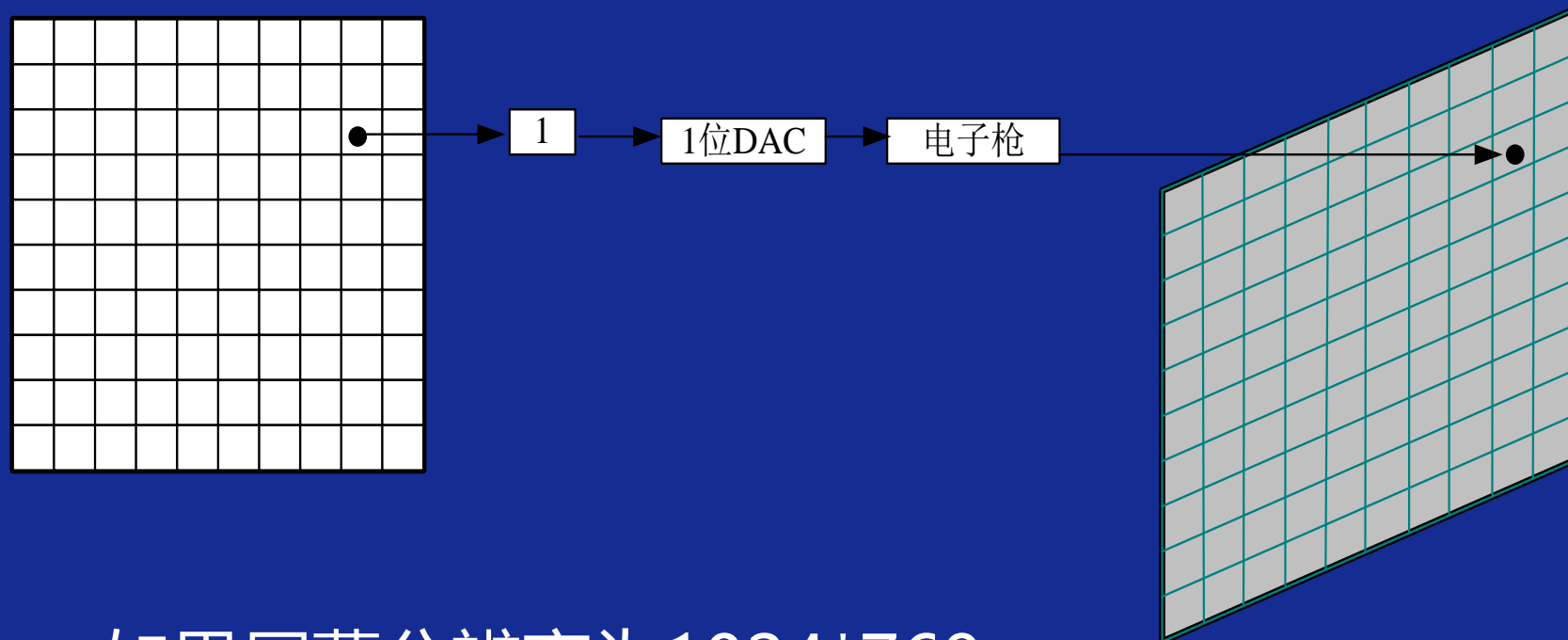


二值图像

1位面



1位面



如果屏幕分辨率为 1024×768 ,
那么黑白显示器的帧缓冲容量是多少?

8位面

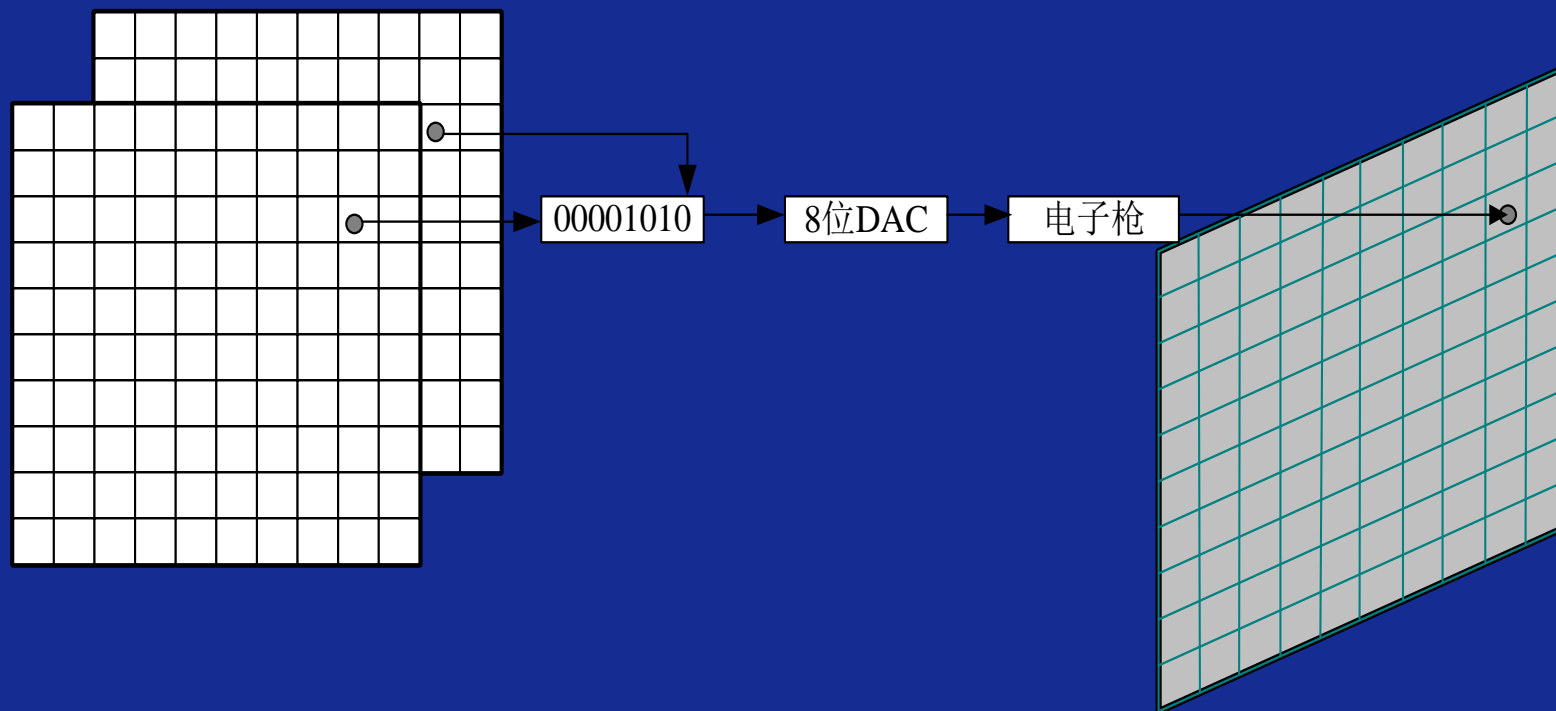
- 如果屏幕上每个像素的颜色用一个字节 (Byte) 表示, 帧缓冲器需要八个位面, 可表示256种灰度, 称为灰度显示器。



灰度图像



8位面



8位面帧缓冲器



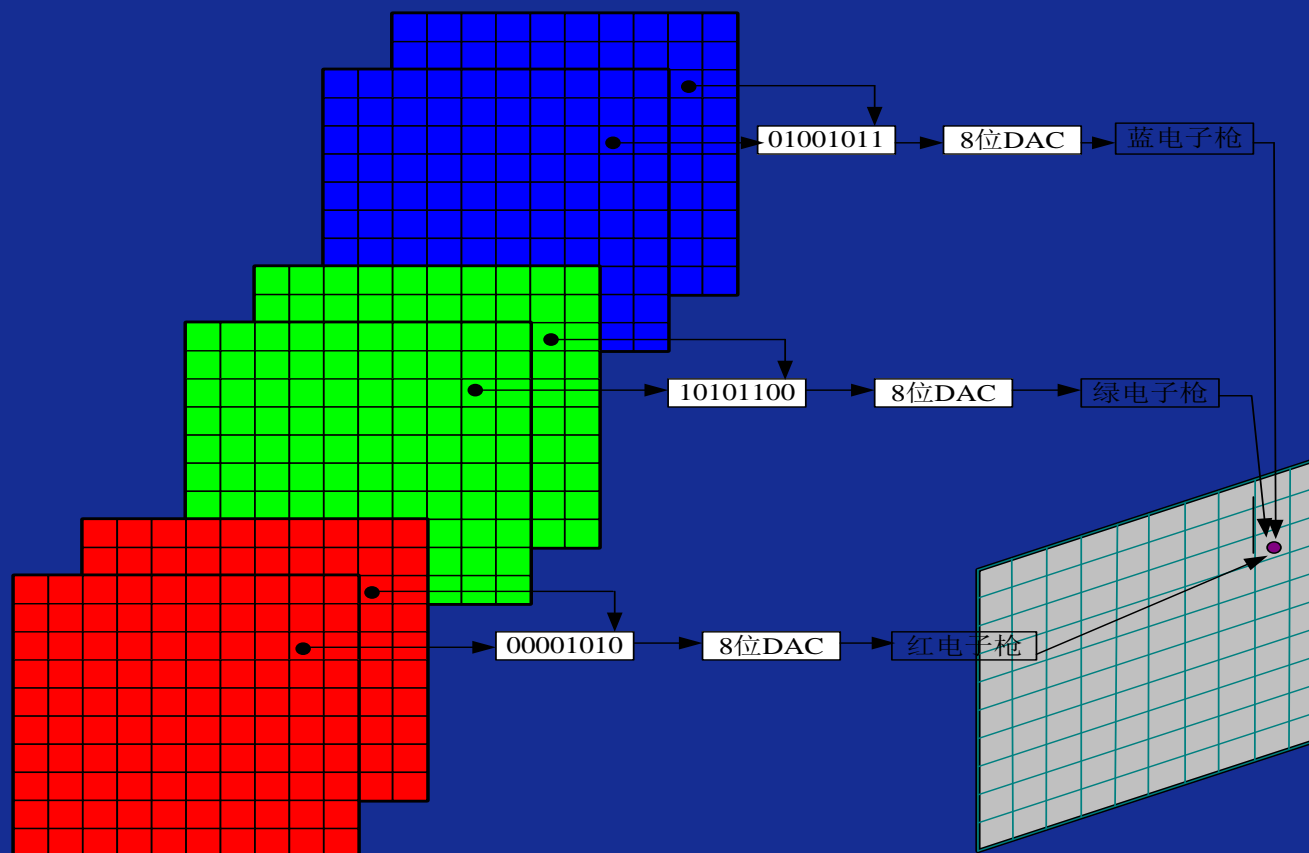
24位面

- 如果屏幕上每个像素用RGB三原色混合表示，其中每种原色分别用一个字节表示，各对应一把电子枪，每种颜色可有256种亮度，三种颜色的组合是 2^{24} ，共有24个位面。



彩色图像

24位面



24位面帧缓冲器

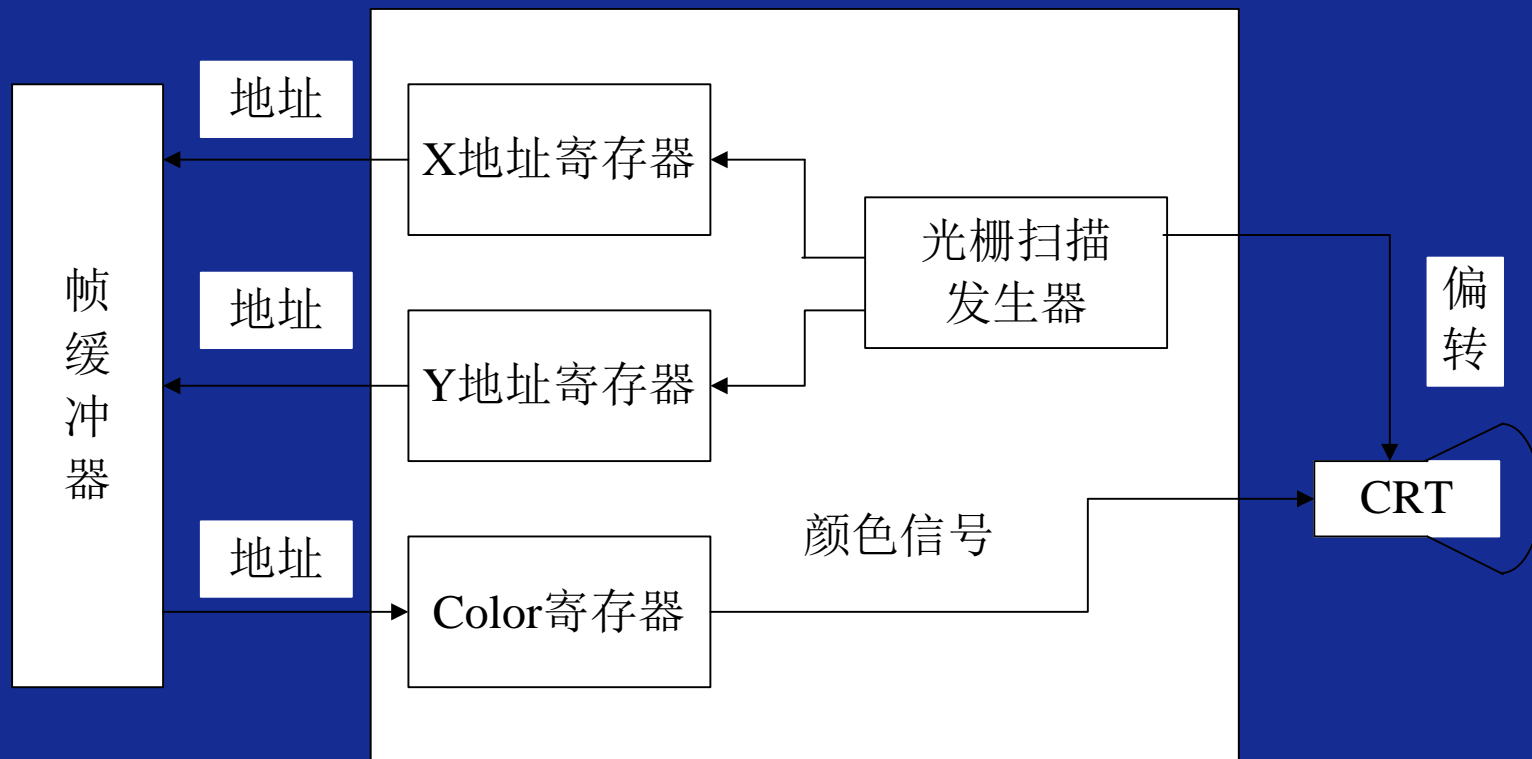


索引色

- 为了进一步提高颜色的种类，控制帧缓冲的增加，可把帧缓冲中的位面号作为颜色索引表的索引号，为每组原色配置一个颜色索引表，颜色索引表有256项，每一项具有 w 位字宽，当 w 大于8时，如 $w = 10$ ，可以有 2^{10} 种亮度等级，但每次只能有256种不同的亮度等级可用，这种颜色称为索引色。



视频控制器



一个像素的参数为位置坐标 (x,y) 和颜色值Color。



1.5.4光栅扫描显示器

- 规则而重复的扫描过程比随机扫描容易实现，因而价格相对比较便宜；
- 可以通过设置轮廓范围内的像素点的颜色来填充图形，为真实感图形的显示奠定了基础；
- 刷新过程与图形的复杂程度无关



1.5.5LCD液晶显示器

■LCD显示器的基本原理:

液晶是介于液体和固体之间的特殊物质，具有液体的流态性质和固体的光学性质。当液晶受到电压的影响时，会改变它的物理性质而发生形变，此时通过它的光的折射角度就会发生变化，产生色彩；

液晶屏幕后面有个背光，这个光源先穿过第一层偏光板，再到液晶体上，当光线透过液晶体时，会产生光线的色泽改变，从液晶体射出来的光线，还必须经过一块彩色滤光片以及第二层偏光板。

1.5.5液晶显示器

- ❑ 阴极射线管显示器 (Cathode Ray Tube, CRT)
- ❑ 液晶显示器 (Liquid Crystal Display, LCD)



CRT



LCD



CRT显示器缺点

■CRT显示器缺点

--CRT固有的物理结构限制了它的发展:

屏幕加大->显像管加长->显示器 的体积加大->受到使用空间的限制;

CRT利用电子枪发射电子束产生图像->易受到电磁波干扰;

电磁辐射会对健康产生不良影响;



LCD液晶显示器

■LCD显示器的优点:

外观小巧精致，厚度为6.5 - 8cm左右；

不会产生CRT那样由于刷新频率低而出现的闪烁；

工作电压低，功耗小，节约能源；

无电磁辐射，对人体健康没有任何影响；



LCD液晶显示器

■LCD显示器显示方式：背光板和偏光板的设计和方向不同

--被动式液晶屏幕

包括STN (Super TN 超扭曲向列LCD) 和DSTN (Double layer Super TN双层超扭曲向列LCD) 等;

--主动式液晶屏幕

包括TFT (Thin Film Transistor薄膜晶体管) ;

主动式液晶显示器使用FET场效晶体管以及共用电极 - 》可以让液晶体在下次电压改变前一直保持电位状态 - 》主动式液晶显示器不会产生在被动式液晶显示器中常见的画面延迟现象等;



LCD液晶显示器

■LCD显示器的基本指标

—可视角度

视线与屏幕中心法向成一定角度时，就不能清晰地看到屏幕图像，而能看到清晰图象的最大角度称为可视角度。一般指左右两边最大角度相加。工业上有CR10(Contrast Ratio)、CR5两种标准来判断液晶显示器的可视角度。



LCD液晶显示器

■LCD显示器的基本指标

一点距与分辨率

点距指两个液晶颗粒（光点）的间距，一般0.28 - 0.32mm就能得到较好的显示效果；

分辨率指其真实分辨率，表示水平方向的像素点数与垂直方向的像素点数的乘积；

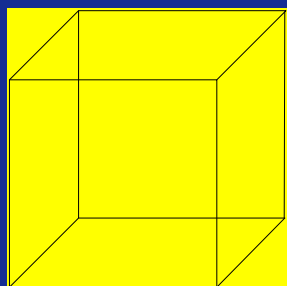


1.5.6 三维立体显示器

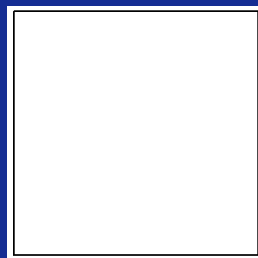
• 二维显示器上观看三维图像的方法

□ 坐标变换方法

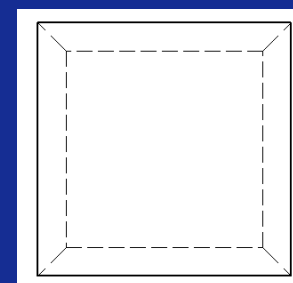
这是目前光栅扫描显示器显示三维图像的主流技术，通过平行投影或透视投影可以将三维坐标 (x, y, z) 变换为屏幕坐标 (x, y) 。这种三维物体坐标向二维屏幕坐标投影生成的图像称为准三维图像。



斜投影



正交投影

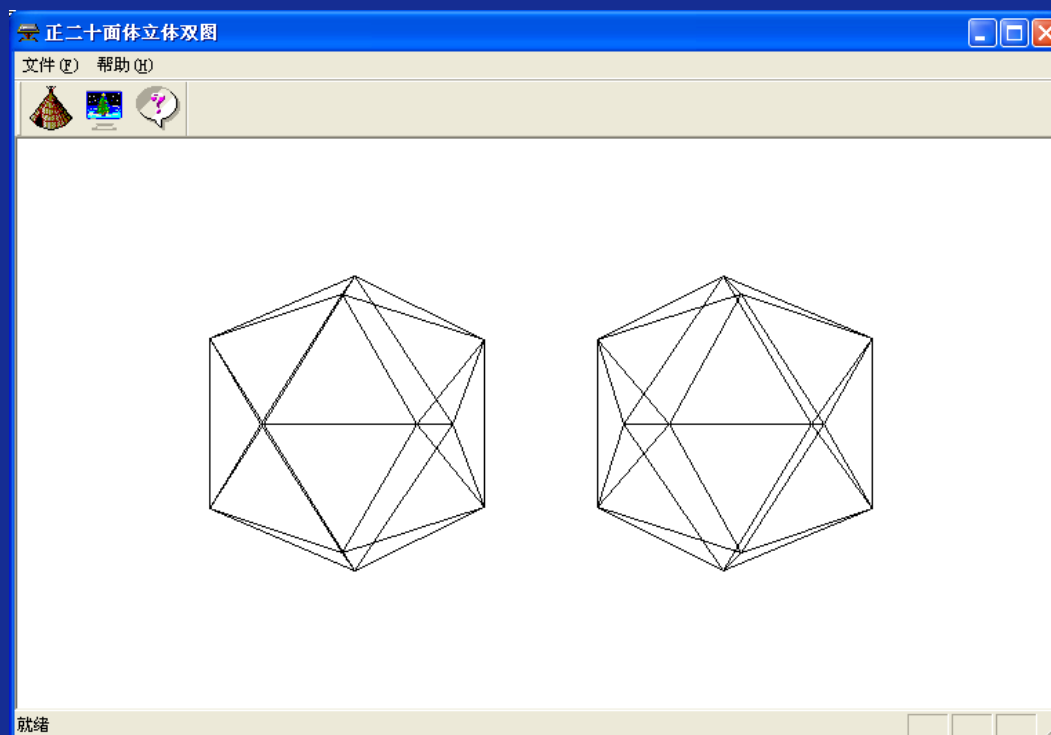


透视投影



1.5.6 三维立体显示器

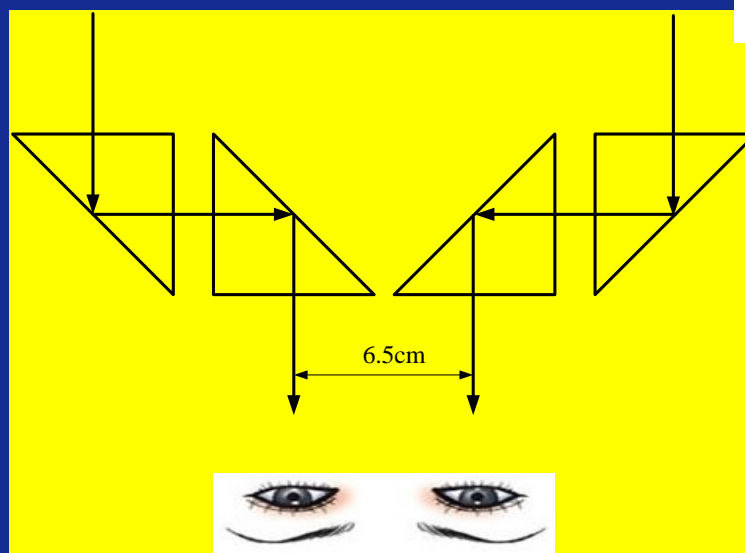
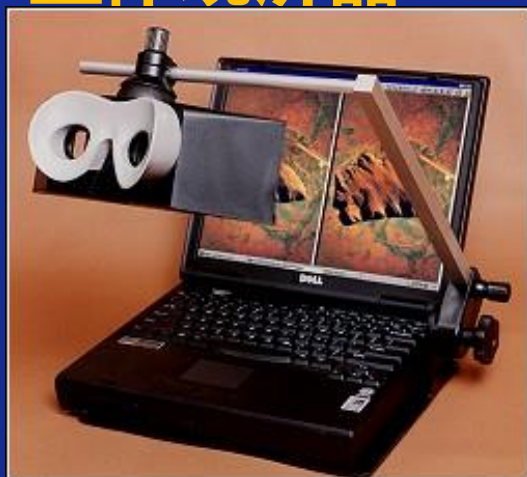
□ 三维立体显示方法



立体双图

1.5.6 三维立体显示器

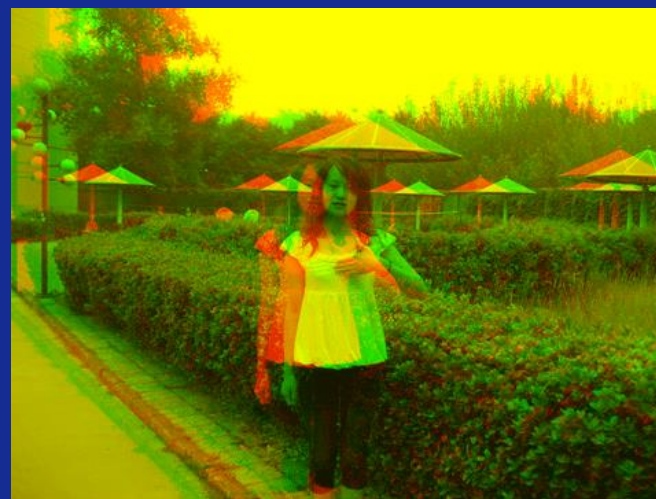
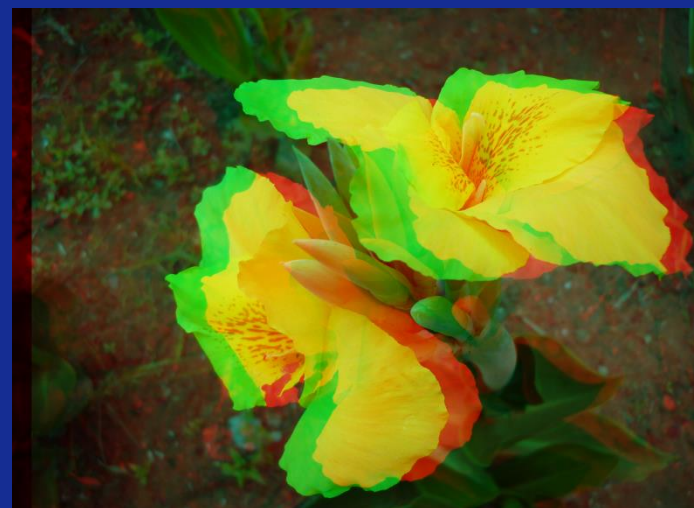
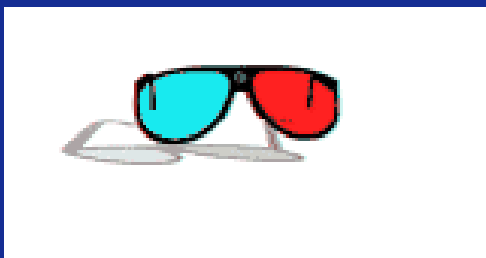
立体观屏器



立体观屏器原理

1.5.6 三维立体显示器

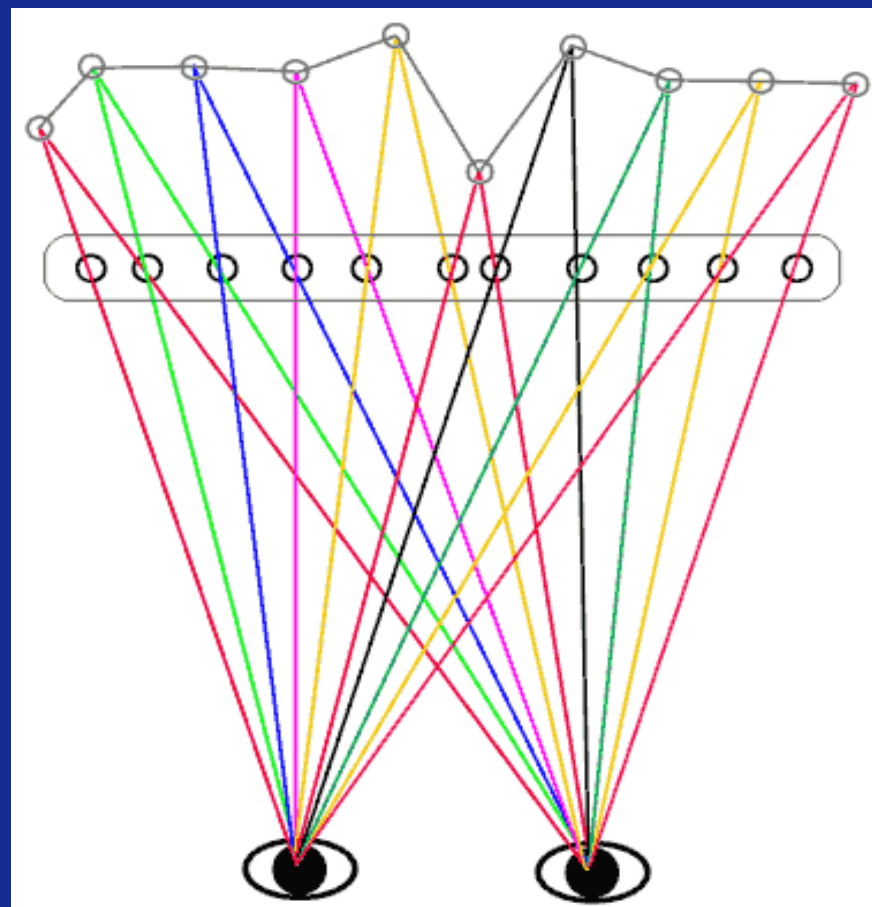
立体眼镜法





1.5.6 三维立体显示器

□ 三维立体画

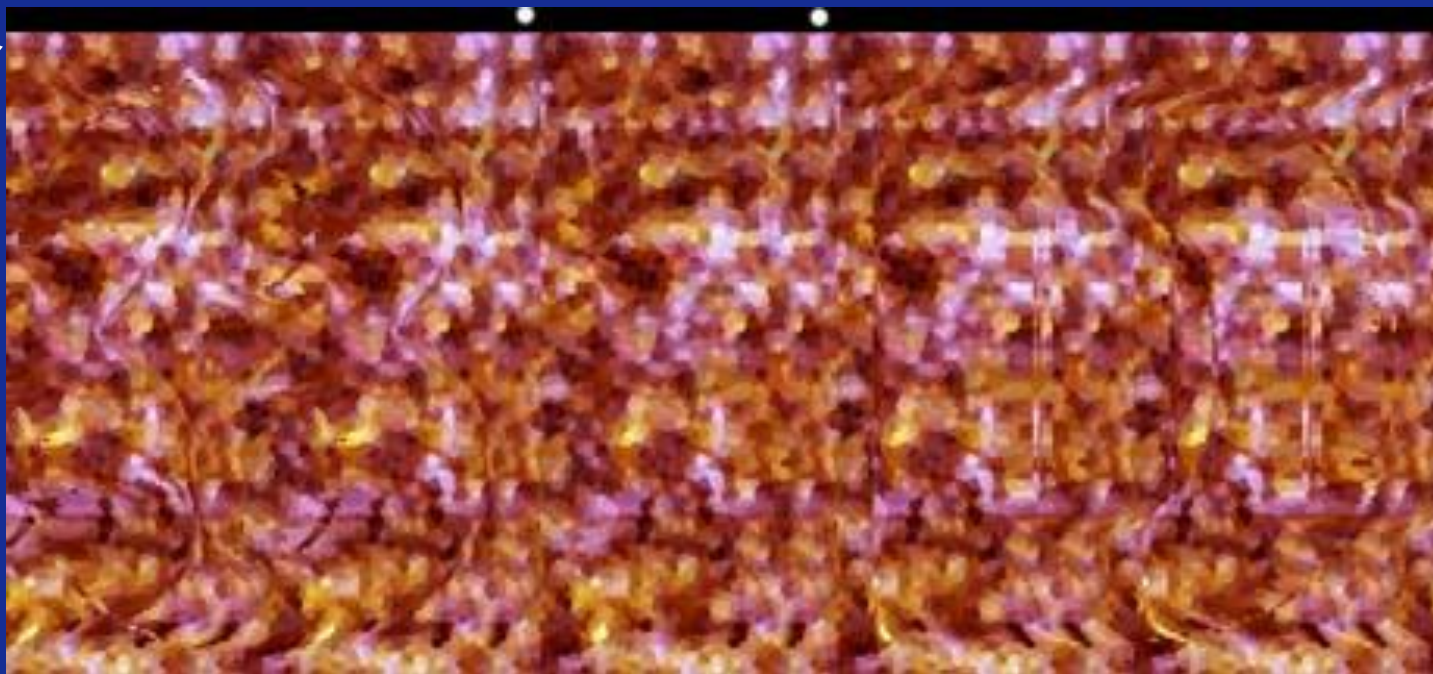


三维立体画生成原理



观看方法

- 请把下图上方的两点作为目标，先使眼睛休息片刻，然后象眺望远方那样，用稍模糊的视线瞄准两点，就会看从两点各自分离出另外两个点，然后调整视线，试图将里面两个点合成一点，当四点变为三点时，你便会看到立体图象





1.6图形软件标准的形成

1974年，美国计算机协会图形学专业委员会召开了一个“与机器无关的图形技术”工作会议，提出了图形软件标准化问题。ISO批准的第一个图形软件标准软件：**图形核心系统**（Graphics Kernal System, GKS），它是二维图形软件标准。1988年，ISO批准的第二个图形软件标准软件：**GKS3D**。它是三维图形软件标准。1986年，ISO又公布了第二个图形软件标准：**程序员级的分层结构交互图形系统**（Programmer's Hierarchical Interactive System, PHIGS）。PHIGS是对GKS的扩充，增加的功能有对象建模、彩色设定、表面绘制和图形管理等。此后，PHIGS的扩充称为PHIGS+。

进入20世纪90年代以后存在着一些事实上的标准，如SGI公司开发的OpenGL（Open Graphics Library）开放式三维图形标准。微软公司为PC游戏开发的应用程序接口标准 Direct3D等。



1.7 计算机图形学研究的热点技术

■ GBR (Geometry based Rendering) 基于几何的绘制

先建立物体的**三维几何模型**，然后将相机拍摄的物体各个侧面的二维照片映射到几何模型的相应表面，最后根据光照条件，计算透视投影后物体可见表面上的光照效果。

■ IBR (Image based Rendering) 基于图像的绘制

- IBR技术则是使用从场景的全景图 (Panorama) 来构造虚拟现实系统。IBR技术的**优点**是彻底摆脱了场景复杂度的实时瓶颈；**缺点**是只能实现固定视点的环视和不同场景之间的跳跃，不能实现连续漫游。



1.7 计算机图形学研究的热点技术

■ 生成具有高度真实的图像

■ 实时动态绘制

- **实时真实感图形动态绘制技术**：根据用户给定的视点位置及视向实时生成真实感图像
- **挑战**：模型复杂度越来越高
- **解决办法**：损失一定的图形质量

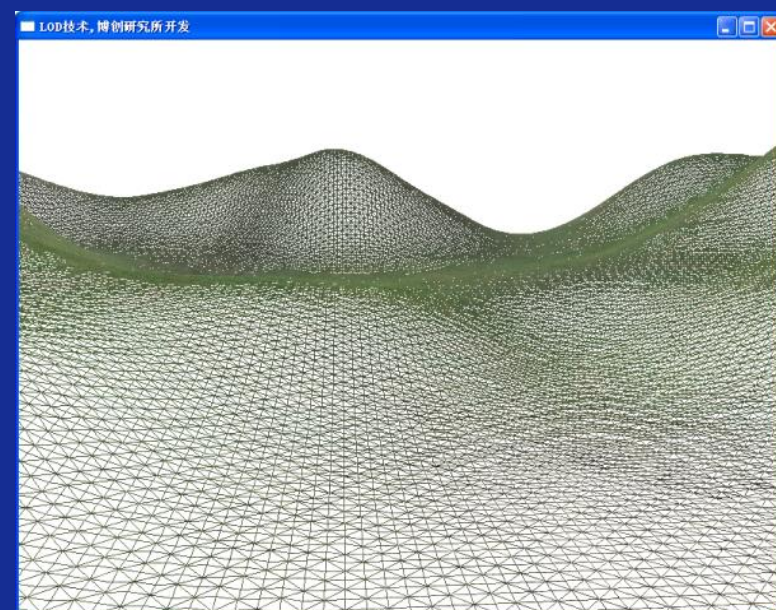
1.7 计算机图形学研究的热点技术

■ LOD (levels of detail)

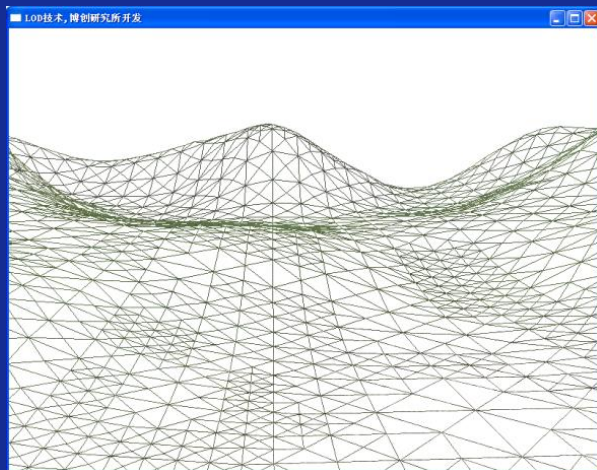
- 物体离视点近，则采用就较高细节的模型，物体离视点远，则选择较低细节的模型。特点：需要建三维模型与纹理映射。



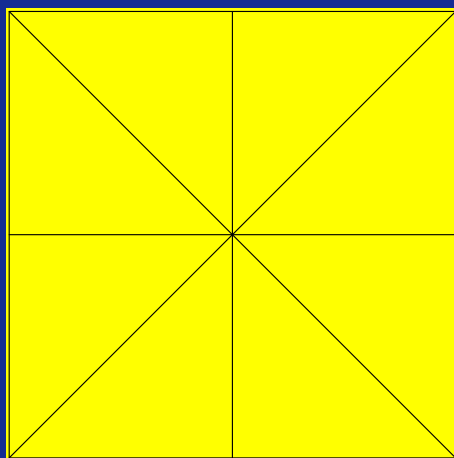
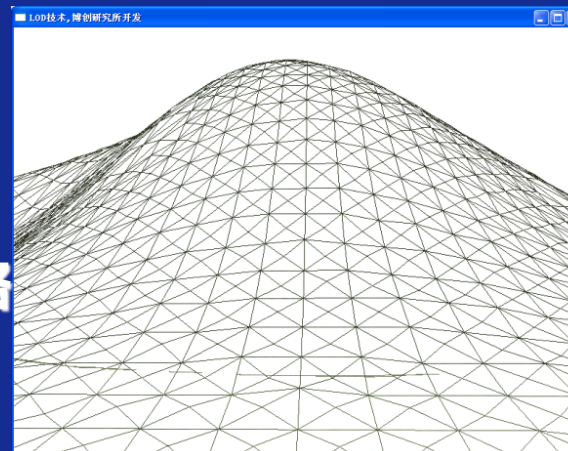
四叉树地形



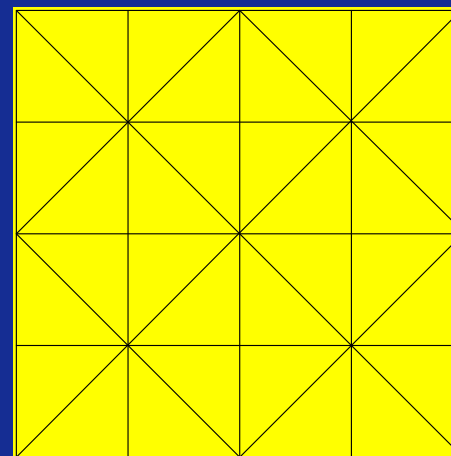
均匀网格



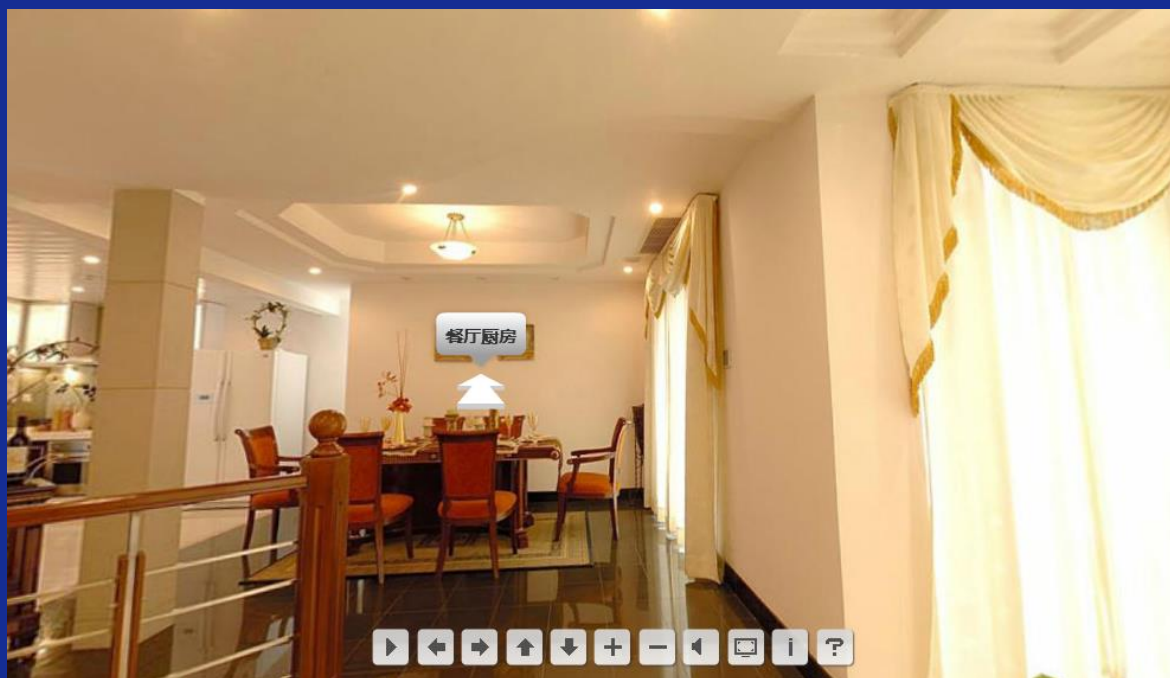
LOD网络



粗网络



细网络



样板房全景漫游系统



本章小结

- 本章介绍了计算机图形学的应用领域和热点技术，阐述了计算机图形学的基本概念。计算机图形学是基于图形显示器的发展而发展起来的一门学科。目前，光栅扫描显示器是使用最为广泛的画点设备，图形的绘制就是根据指定算法将相应的像素设置为指定颜色的过程。目前计算机图形学的热点技术主要是LOD技术和IBR技术，这两种技术在游戏中开发中获得了广泛的应用。



作业1

• 习题1 P21

